

ECONOMETRICS

EKONOMETRIA

Advances in Applied Data Analysis

2025, Vol. 29, No. 4



Publishing House of Wrocław University of Economics and Business
Wrocław 2025

INTERNATIONAL SCIENTIFIC COUNCIL

George Myron Agiomirgianakis (Hellenic Open University, School of Social Sciences, Greece)

Emanuele Bacchiocchi (University of Milan, Italy)

Derek Bond (University of Ulster, United Kingdom)

Maria Paula de Pinho de Brito Duarte Silva (University of Porto, Portugal)

Hans Diefenbacher (Heidelberg University, Germany)

Mohamed Douch (Royal Military College of Canada, Canada)

Józef Dziechciarz (Wrocław University of Economics and Business, Poland)

Eckart Elsner (Berlin Institute of Technology, Germany)

Adelaide de Fátima Baptista Valente Freitas (University of Aveiro, Portugal)

Francesca Greselin (University of Milano-Bicocca, Italy)

Peter Hackl (Vienna University of Economics and Business, Austria)

Salvatore Ingrassia (University of Catania, Italy)

Sadequl Islam (Laurentian University, Canada)

Josef Jablonsky (Prague University of Economics and Business, Czech Republic)

Péter Kovács (University of Szeged, Hungary)

Sugnet Lubbe (Stellenbosch University, South Africa)

Petr Mazouch (Prague University of Economics and Business, Czech Republic)

Michael J. Morley (University of Limerick, Ireland)

Renáta Németh (ELTE Eötvös Loránd University, Hungary)

Izabela Ewa Nielsen (Aalborg University, Denmark)

Walenty Ostasiewicz (Wrocław University of Economics and Business, Poland)

László Pokorádi (Óbuda University, Hungary)

Jacques Silber (Bar-Ilan University, Israel)

Eva Sodomova (University of Economics in Bratislava, Slovakia)

Greg Tkacz (St. Francis Xavier University, Canada)

Kien Tran (University of Lethbridge, Canada)

Marek Walesiak (Wrocław University of Economics and Business, Poland)

Liqun Wang (University of Manitoba, Canada)

Joachim Wilde (Osnabrück University, Germany)

Peter Zadrozny (Bureau of Labor Statistics, USA)

EDITORIAL COMMITTEE

Józef Dziechciarz – Editor-in-Chief

Marta Dziechciarz – Managing Editor

e-mail: marta.dziechciarz@ue.wroc.pl

+48 71 36 80 339

Copyediting: Elżbieta Macauley, Tim Macauley, Ewa Knichnicka

Proofreading: Ewa Knichnicka

Typesetting: Beata Mazur

Cover design: Beata Dębska

Information on submitting and reviewing papers is available on websites

<https://wydawnictwo.uew.pl/>

<https://journals.ue.wroc.pl/eada>

This work is licensed under the Creative Commons Attribution-ShareAlike 4.0 International License.

To view a copy of this license, visit <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



ISSN 2449-9994

Publication may be ordered in Publishing House:

Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu

ul. Komandorska 118/120, 53-345 Wrocław

tel. 71 36-80-602; e-mail: econbook@ue.wroc.pl

www.ksiegarnia.ue.wroc.pl

Contents

Introduction/Wstęp.....	V
Katarzyna Cheba, Iwona Bąk, Karolina Ertmańska: Trends in Tourism Development in European Union Countries Before and After the COVID-19 Pandemic. How Quickly Has the Global Tourism Industry Recovered?/Trendy w rozwoju turystyki w krajach Unii Europejskiej przed pandemią Covid-19 i po niej. Jak szybko globalna branża turystyczna odzyskała równowagę? ...	1
Damian Wiśniewski: Variability in Times of Disease. Application of ARMA-GARCH in Modelling and Predicting Volatility of S&P500 Index Return Rates in COVID-19/Zmienność w czasach zarazy, czyli o zastosowaniu modeli ARMA-GARCH w modelowaniu i prognozowaniu zmienności stóp zwrotu z indeksu S&P500 w dobie pandemii COVID-19	18
Andrzej Dudek: Enhancing Forecast Accuracy: The Impact of Data Transformation in Time Series Models/Poprawa trafności prognoz: rola transformacji danych w modelach szeregów czasowych	33

Introduction

The current issue of the journal *Econometrics. Ekonometria. Advances in Applied Data Analysis* consists of three articles.

In the first paper, “Trends in Tourism Development in European Union Countries Before and After the COVID-19 Pandemic. How Quickly Has the Global Tourism Industry Recovered?”, by Katarzyna Cheba, Iwona Bąk and Karolina Ertmańska from West Pomeranian University of Technology in Szczecin, the authors examine the development trends of tourism before and after the COVID-19 pandemic and seek to answer the question: How quickly did the tourism industry recover in EU countries and return to its pre-pandemic state? Two research approaches were used to build forecasts of selected tourism intensity indicators. The first one uses trend models with seasonal fluctuations estimated based on monthly data from before the pandemic. The forecasts were revised in consideration of the current situation in the tourism market of individual EU countries. Various dynamic measures were used to estimate the value of the adjustment factor. As part of the second research approach, Holt-Winters adaptive models were employed. The analysis revealed that EU countries responded to the pandemic to varying degrees. Some, such as those in Southern Europe, recovered to pre-pandemic levels of tourism market activity relatively quickly. Surprisingly, this did not apply equally to all countries in the region (e.g., Italy). The research results can be helpful for researchers and practitioners, such as government agencies and private companies, enabling them to forecast tourism demand. The added value of the work lies in the original research approach used by the authors, combining various statistical and econometric methods to predict the direction and rate of recovery of the global tourism industry.

The second article, “Variability in Times of Disease. Application of ARMA-GARCH in Modelling and Predicting Volatility of S&P500 Index Return Rates in COVID-19”, by Damian Wiśniewski from the University of Warmia and Mazury in Olsztyn, examines the time series of closing prices of the S&P500 index over the period from January 2020 to April 2021. The author selected the best ARMA(p,q)-GARCH(1,1) models with different forms of probability density functions. The errors of the forecasts generated both in terms of logarithmic returns and their variability were compared. The study followed the Box-Jenkins procedure. Applying information criteria, the study considered the best among models with normal, skewed Student's t, generalised error and generalised hyperbolic distributions. The author obtained the following representations: ARMA(2,0)-GARCH(1,1) and ARMA(0,2)-GARCH(1,1), with normal, skewed Student's t and generalised error distributions. The assessment of forecast accuracy showed that, in the case of conditional variance forecasts, the ARMA(2,0)-GARCH(1,1) models with normal and generalised error distributions were the best. The most significant errors of conditional variance forecasts were generated by models with a skewed Student's t-distribution. The author suggests extending the study to models based on the range of fluctuations (such as Range GARCH-RGARCH or Conditional Autoregressive Range Model-CARR). The study's value lies in considering models with various probability density functions, showing that such diversity is essential when searching for the best models in times of high volatility.

The third contribution, “Enhancing Forecast Accuracy: The Impact of Data Transformation in Time Series Models”, by Andrzej Dudek from the Wrocław University of Economics and Business, investigates which preprocessing method is preferable for various forecasting algorithms, including machine learning approaches, particularly for forecasting stock values. The research study on actual stock values prediction is based on an example of 10 average NYSE enterprises, comparing five scenarios of data preparation. The results confirm theoretical assumptions and provide recommendations for the proper design of benchmark studies and real forecasting models. As stated in the literature, for models based on stochastic processes, such as ARIMA and GARCH, transforming data to rates of return (a form of differentiation) is a desirable approach. For machine learning models, especially recurrent neural networks such as the Long Short-Term Memory Network and the Gated Recurrent Unit, min-max normalisation data transformation should be applied. For Exponential

Smoothing and Brownian motion methods, the best results were achieved for non-transformed (raw) data. The guidance relevant to benchmark studies and real forecasting models is presented in the final section of the paper. The central thesis emphasises, through the example of stock values forecasting, that proper benchmark studies and real-life applications should be designed to ensure adequate preprocessing is used for the given model. Using the same preprocessing for different models may sometimes yield misleading results. The topic of data preparation and transformation, although commonly present in the literature, is rarely confirmed by research studies on real datasets. To the best of the author's knowledge, this type of analysis has not been conducted on real data to date.

The three papers published in this issue demonstrate the interdisciplinary character of applied econometric and statistical research, ranging from tourism market analysis through financial market volatility modelling to forecasting methodology. Each article contributes original empirical findings and methodological developments relevant to academic researchers and policy analysts.

Wstęp

Bieżący numer czasopisma *Econometrics. Ekonometria. Advances in Applied Data Analysis* zawiera trzy artykuły.

W pierwszym z nich, autorstwa Katarzyny Cheby, Iwony Bąk i Karoliny Ertmańskiej z Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie, zatytułowanym „Trendy w rozwoju turystyki w krajach Unii Europejskiej przed pandemią COVID-19 i po niej. Jak szybko globalna branża turystyczna odzyskała równowagę?”, zawarto wyniki analizy rozwoju turystyki przed i po pandemii COVID-19 oraz próbę odpowiedzi na pytanie: Jak szybko branża turystyczna odbudowywała się w krajach UE i wracała do stanu sprzed pandemii? Prognozy wybranych wskaźników intensywności turystyki oparto o modele trendów z uwzględnieniem wahań sezonowych oszacowanych na podstawie danych miesięcznych sprzed pandemii COVID-19. Prognozy zostały zrewidowane, biorąc pod uwagę obecną sytuację na rynku turystycznym w poszczególnych krajach UE. Do oszacowania wartości współczynnika korekty wykorzystano wybrane miary dynamiki. W ramach drugiego podejścia badawczego wykorzystano modele adaptacyjne Holta–Wintersa. Z przeprowadzonych analiz wynika, że kraje UE poradziły sobie z pandemią z zróżnicowanym poziomem sukcesu. Kraje południowej Europy stosunkowo szybko zaczęły wracać do poziomu aktywności rynku turystycznego sprzed pandemii. Co zaskakujące, nie dotyczy to w równym stopniu wszystkich krajów tego regionu (np. Włoch). Opisane wyniki badań mogą być pomocne dla naukowców i praktyków, takich jak agencje rządowe i prywatne firmy, umożliwiając im prognozowanie popytu na usługi rynku turystycznego. Wartością dodaną pracy jest oryginalne podejście badawcze zastosowane przez autorów, łączące różne metody statystyczne i ekonometryczne do przewidywania kierunku i tempa ożywienia globalnej branży turystycznej.

W drugim artykule, autorstwa Damiana Wiśniewskiego z Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie: „Zmienność w czasach zarazy, czyli o zastosowaniu modeli ARMA-GARCH w modelowaniu i prognozowaniu zmienności stóp zwrotu z indeksu S&P500 w dobie pandemii COVID-19”, przeanalizowano szereg czasowy cen zamknięcia indeksu S&P500 w okresie od stycznia 2020 r. do kwietnia 2021 r. Autor zidentyfikował najlepsze modele ARMA(p,q)-GARCH(1,1) różniące się postaciami funkcji gęstości prawdopodobieństwa. Porównano błędy generowanych prognoz (logarytmiczne stopy zwrotu oraz warunkowe wariancje). Zastosowano procedurę Boxa–Jenkinsa. W oparciu o kryteria informacyjne zidentyfikowano najlepsze modele z rozkładem normalnym, skośnym t-Studenta, uogólnionym rozkładem błędów i uogólnionym rozkładem hiperbolicznym. Autor wytypował reprezentacje: ARMA(2,0)-GARCH(1,1) i ARMA(0,2)-GARCH(1,1), z rozkładami: normalnym, skośnym t-Studenta i uogólnionym rozkładem błędów. Przy kryterium trafności prognoz warunkowych wariancji najlepsze były modele ARMA(2,0)-GARCH(1,1) z rozkładem normalnym i uogólnionym rozkładem błędów. Największe błędy prognoz warunkowych wariancji generowały modele ze skośnym rozkładem t-Studenta. Autor sugeruje rozważenie rozszerzenia

badania na przypadek modeli opartych o zakres wahań (takich jak Range GARCH-RGARCH lub Conditional Autoregressive Range Model-CARR). Wartość pracy polega na uwzględnieniu modeli z różnorodnymi funkcjami gęstości prawdopodobieństwa, która wykazała, że jest to istotne w czasach dużej zmienności.

Artykuł Andrzeja Dudka z Uniwersytetu Ekonomicznego we Wrocławiu, „Poprawa trafności prognoz: rola transformacji danych w modelach szeregów czasowych”, dotyczy analizy przydatności metod transformacji danych w wybranych metodach prognozowania, w tym uczenia maszynowego w prognozowaniu wartości akcji. Badanie przeprowadzono na dziesięciu średniej wielkości przedsiębiorstwach notowanych na NYSE. Porównano pięć scenariuszy przygotowania danych. Wyniki potwierdzają założenia teoretyczne oraz dostarczają rekomendacji dotyczących właściwego projektowania studiów porównawczych (benchmark) i rzeczywistych modeli prognostycznych. Zgodnie z literaturą przedmiotu, dla modeli opartych na procesach stochastycznych (ARIMA i GARCH), pożądaną transformacją jest przejście na stopy zwrotu (forma różnicowania). W przypadku podejść uczenia maszynowego, w szczególności rekurencyjnych sieci neuronowych typu Long Short-Term Memory i Gated Recurrent Unit, zalecana jest transformacja danych przy użyciu normalizacji min-max. Dla metod wygładzania wykładniczego i ruchu Browna najlepsze wyniki osiągnięto dla danych nieprzekształconych (surowych). W końcowej części artykułu zostały przedstawione wskazówki dla badaczy przygotowujących studia porównawcze i rzeczywiste modele prognostyczne. Centralna teza podkreśla, poprzez przykład prognozowania wartości akcji, że właściwe studia porównawcze i aplikacje powinny być projektowane w sposób zapewniający użycie odpowiedniego przetwarzania wstępnego dla danego modelu. Stosowanie tego samego schematu przetwarzania wstępnego dla różnych modeli może czasami prowadzić do mylących wyników. Temat przygotowania i transformacji danych, choć powszechnie obecny w literaturze przedmiotu, rzadko jest potwierdzany przez badania na rzeczywistych zbiorach danych. Według wiedzy autora, tego typu analiza nie była dotąd przeprowadzona na podstawie danych giełdowych.

Artykuły opublikowane w niniejszym numerze potwierdzają interdyscyplinarny charakter badań ekonometrycznych i statystycznych, obejmujących analizę rynku turystycznego, modelowanie zmienności rynków finansowych oraz metodykę prognozowania. Każdy z tekstów wnosi oryginalne wyniki empiryczne oraz rozwiązania metodyczne o znaczeniu dla naukowców i analityków polityki społeczno-gospodarczej.

Józef Dziechciarz