



UNIWERSYTET  
MIKOŁAJA KOPERNIKA  
W TORUNIU

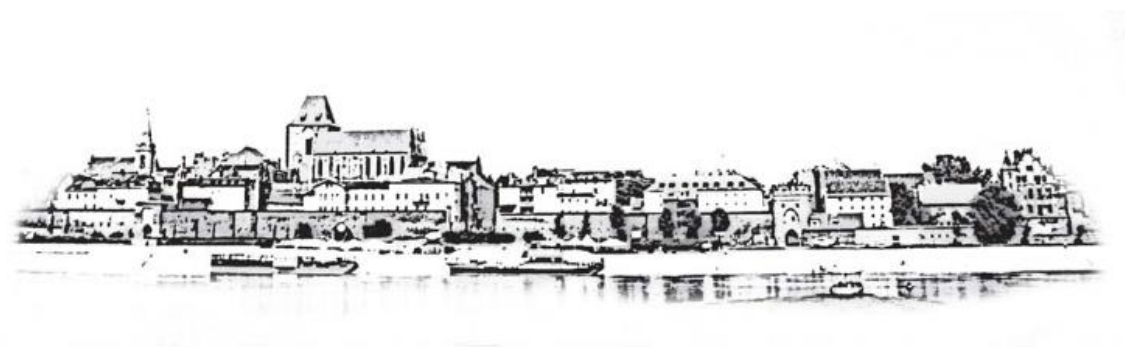
Wydział Nauk Ekonomicznych  
i Zarządzania

Patronat  
Naukowy  
Komitet  
Statystyki  
i Ekonometrii



II Ogólnopolska Konferencja Naukowa  
**Uczenie Maszynowe w Ekonomii i Finansach *UMEF 2023***

Streszczenia wystąpień



**4-6 września 2023 r., Toruń**

## Lokalizacja

Wydział Nauk Ekonomicznych i Zarządzania, Uniwersytet Mikołaja Kopernika (**Punkt A**)

Ul. Gagarina 13A, 87-100 Toruń, N 53° 02' 15.37", E 18° 57' 11.41"

Hotel Filmar (**Punkt B**)

Ul. Grudziądzka 45, 87-100 Toruń, N 53° 01' 92.11", E 18° 60' 85"



## Spis treści

1. Sylwester Bejger <i>Uniwersytet Mikołaja Kopernika</i> <b>Harnessing SAX, DTW, LCSS, and Matrix Profile for Time Series Mining in Economic and Financial Data Analysis</b> -----	5
2. Sylwester Bejger, Jan Kotlarz <i>Uniwersytet Mikołaja Kopernika</i> <b>Dane taksacyjne i satelitarne w gospodarce leśnej. Model szary wpływu zmian klimatycznych na podaż drewna w Polsce w l. 2023 - 2025</b> -----	5
3. Kamila Bielska, Dominik Skrzypczyk <i>Eviden</i> <b>Datalake - zbieranie i przetwarzanie danych z różnorodnych źródeł</b> -----	6
4. Marcin Błażejowski <sup>a</sup> , Agnieszka Huterska <sup>b</sup> , Katarzyna Kochaniak <sup>b</sup> , Jacek Kwiatkowski <sup>b</sup> <sup>a</sup> <i>Uniwersytet WSB Merito</i> , <sup>b</sup> <i>Uniwersytet Mikołaja Kopernika</i> , <b>Early Labour Attitudes of Ukrainian War Migrant Households: Do They Reflect Migration Motives?</b> -----	6
5. Grzegorz Dudek <i>Politechnika Częstochowska</i> <b>Hybrydowe modele prognostyczne: synergia wygładzania wykładniczego i rekurencyjnych sieci neuronowych – nowe mechanizmy i możliwości</b> -----	7
6. Grzegorz Dudek <sup>a</sup> , Piotr Fiszeder <sup>b</sup> , Paweł Kobus <sup>c</sup> , Witold Orzeszko <sup>b</sup> <sup>a</sup> <i>Politechnika Częstochowska</i> , <sup>b</sup> <i>Uniwersytet Mikołaja Kopernika</i> , <sup>c</sup> <i>Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego</i> <b>Prognozowanie zmienności kryptowalut za pomocą wybranych modeli statystycznych i algorytmów uczenia maszynowego</b> -----	7
7. Daniel Kaszyński <i>Szkoła Główna Handlowa</i> <b>Modele sprawiedliwej oceny zdolności kredytowej</b> -----	8
8. Maria Knorps <i>Tweag</i> <b>Z warsztatu inżyniera danych</b> -----	8
9. Błażej Kochański <i>Politechnika Gdańska</i> <b>Lepsze modele scoringowe jako narzędzie optymalizacji wyników instytucji kredytowych</b> -----	9
10. Maciej Koszykowski <i>Eviden/Szkoła Doktorska UMK</i> <b>Uczenie maszynowe w tworzeniu harmonogramu projektu</b> -----	9
11. Katarzyna Kryńska, Robert Ślepaczuk <i>Uniwersytet Warszawski</i> <b>Daily and intraday application of various architectures of the LSTM model in algorithmic investment strategies on Bitcoin and the S&amp;P 500 Index</b> -----	10
12. Maciej Kwiatkowski <i>Szkoła Główna Handlowa</i> <b>Wykorzystanie uczenia maszynowego do analizy Age-Period-Cohort jakości portfela kredytowego</b> -----	10
13. Stanisław Łaniewski, Robert Ślepaczuk <i>Uniwersytet Warszawski</i> <b>Towards a Multimodal Trading Agent: Integrating Predictive Models and Sentiment Analysis</b> -----	11
14. Jakub Michańków <sup>a</sup> , Paweł Sakowski <sup>b</sup> , Robert Ślepaczuk <sup>b</sup> <sup>a</sup> <i>Uniwersytet Warszawski/Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie</i> , <sup>b</sup> <i>Uniwersytet Warszawski</i> <b>Transformer Deep Learning Models for Financial Assets Returns Prediction</b> -----	11
15. Jakub Polaszek <i>Atos Poland Global Services/Szkoła Doktorska UMK</i> <b>Prognozowanie wskaźników wydajności w projektach za pomocą uczenia maszynowego</b> -----	11
16. Paweł Sakowski <sup>a</sup> , Rafał Sieradzki <sup>b</sup> , Robert Ślepaczuk <sup>a</sup> <sup>a</sup> <i>Uniwersytet Warszawski</i> , <sup>b</sup> <i>Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie</i> <b>Measuring systemic risk with implied and realized volatility</b> -----	12
17. Michał Stasiak <i>Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu</i> <b>Wykorzystanie adaptacyjnego modelu stanowego reprezentacji binarno-czasowej do konstrukcji systemów handlu algorytmicznego</b> -----	12
18. Marcin Stawarz <i>Uniwersytet Mikołaja Kopernika</i> <b>Wyznaczanie sygnałów kupna i sprzedaży Bitcoina za pomocą modelu XGBoost</b> -----	13

19. Robert Ślepaczuk, Maciej Wysocki *Uniwersytet Warszawski* **A comprehensive comparison of quantitative finance models for valuation and hedging of options portfolio**----- 13
20. Michał Woźniak *Uniwersytet Warszawski* **Boosted Value at Risk and Expected Shortfall - application of gradient boosting machine learning models in market risk estimation problem**----- 14
21. Stephan Wronkowski-Elster<sup>a</sup>, Samuel Boehme<sup>b</sup> <sup>a</sup>SAP Deutschland SE & Co.KG/Szkoła Doktorska UMK, <sup>b</sup>SAP Innovation Center **AI in Business** ----- 14
22. Małgorzata Wrzosek *Szkoła Główna Handlowa* **Miary sprawiedliwości modeli uczenia maszynowego w finansach**----- 15
23. Mirosława Żurek *Uniwersytet Mikołaja Kopernika* **Uczenie maszynowe jako niezastąpione narzędzie w analizie danych przedsiębiorstwa – na przykładzie SAP Analytics Cloud**----- 15

## Abstrakty

Sylwester Bejger

*Uniwersytet Mikołaja Kopernika*

### **Harnessing SAX, DTW, LCSS, and Matrix Profile for Time Series Mining in Economic and Financial Data Analysis**

The complexity and volume of economic and financial time series data necessitate advanced analytical techniques to extract meaningful insights. This paper presents a novel approach to economic and financial time series analysis, employing time series mining techniques such as Symbolic Aggregate Approximation (SAX), Dynamic Time Warping (DTW), Longest Common Subsequence (LCSS), and Matrix Profile.

SAX, a symbolic representation of time series, allows for dimensionality reduction and indexing, facilitating efficient discovery of discords and motifs. DTW, a method for aligning sequences that may vary in speed or timing, is instrumental in identifying similar patterns across different time series. LCSS, a measure of similarity between two sequences that is robust to noise and time shifting, aids in the detection and classification of shapelets. The Matrix Profile, a novel data structure that annotates a time series with the distance to its nearest neighbor, is utilized for efficient mining of all these features.

These techniques are applied to the realm of economic and financial data, enabling the prediction of market trends, detection of financial fraud, and identification of economic cycles. By identifying discords, or the most unusual subsequences, we can pinpoint anomalous events or outliers. Motifs, or recurring patterns, reveal regular market cycles or economic trends. Shapelets allow for the classification of different financial behaviors, and chains track the evolution of these behaviors over time.

The integration of SAX, DTW, LCSS, and Matrix Profile into time series mining offers a powerful toolkit for economic and financial data analysis. This research aims to bridge the gap between these advanced techniques and their practical application, providing new perspectives and tools for understanding and navigating the complex landscape of economic and financial data.

---

Sylwester Bejger, Jan Kotlarz

*Uniwersytet Mikołaja Kopernika*

### **Dane taksacyjne i satelitarne w gospodarce leśnej. Model szary wpływu zmian klimatycznych na podaż drewna w Polsce w l. 2023 - 2025**

W ciągu ostatnich lat cyfryzacja danych o zasobach leśnych w Polsce umożliwiła zastosowanie metod opartych o analizę Big Data. Pozwoliło to na lepsze zrozumienie procesów zachodzących w gospodarce leśnej. W związku z trwającymi zmianami klimatycznymi, gospodarka leśna musi dostosować realizowane procesy do nowych warunków w celu utrzymania wielkości i jakości produkowanego drewna.

Wpływ zmian klimatycznych na gospodarkę leśną wiąże się ze zmianami optymalnych warunków uprawy dla różnych gatunków drzew, a także z nasilonym występowaniem patogenów grzybowych i owadzych, pożarami, suszami oraz podtopieniami, które w zróżnicowany sposób wpływają na przyrosty drewna.

W badaniach dotyczących podaży drewna analizowano zależność jego przyrostów od czynników klimatycznych w dziewięciu głównych typach upraw leśnych w Polsce. Wykorzystano w nich ogólnodostępne cyfrowe dane taksacyjne z lat 2018 - 2022 oraz w

przypadku oceny przestrzennej zasobów leśnych dane satelitarne konstelacji SENTINEL. W celu prognozowania przyrostów drewna na lata 2023-2025 skonstruowano szeregi czasowe, które zawierały pięć punktów czasowych. Do wykonania prognoz wykorzystano dwie alternatywne metody: model szary G(1,1) oraz konwolucyjne sieci neuronowe.

Stosując analizę ANOVA oszacowano wpływ poszczególnych czynników związanych ze zmianami klimatycznymi na przyrosty drewna. W wyniku analizy otrzymano wynik wskazujący na dwa główne czynniki mogące ograniczyć podaż drewna (dla  $p < 0,05$ ): pożary, w tym również niewielkie, oraz występowanie patogenów grzybowych.

Wyniki badań potwierdzają, że podaż drewna jest w znacznej mierze uzależniona od długofalowych decyzji zarządczych podjętych 50 – 100 lat temu, jak również od bieżących działań podejmowanych w zmienionych parametrach klimatycznych.

Wnioski płynące z analizy danych wskazują na konieczność monitorowania i odpowiedniego zarządzania lasami w obliczu zmieniających się warunków klimatycznych. Otrzymane wyniki potwierdzają potrzebę bardziej zrównoważonego podejścia do gospodarki leśnej, uwzględniającego zarówno aspekty ekonomiczne, jak i środowiskowe. W tym kontekście istotne jest także kontynuowanie badań nad zależnościami pomiędzy różnymi czynnikami wpływającymi na podaż drewna, tak aby możliwe było podejmowanie bardziej trafnych decyzji gospodarczych w przyszłości.

---

Kamila Bielska, Dominik Skrzypczyk

*Eviden*

### **Datalake - zbieranie i przetwarzanie danych z różnorodnych źródeł**

Celem prezentacji jest omówienie praktycznego projektu Datalake wprowadzonego w jednej z dużych międzynarodowych korporacji. System ten zbiera dane z wielu źródeł o różnorodnych formatach, transformuje i spaja, zapewniając użytkownikom oczyszczone i gotowe do użycia dane. Następnie za pomocą narzędzi wizualizacji, dane są prezentowane na dashboardach, gdzie mogą być dowolnie filtrowane. Dodatkowo użytkownicy są wspierani przez techniki uczenia maszynowego i sztucznej inteligencji.

---

Marcin Błażejowski<sup>a</sup>, Agnieszka Huterska<sup>b</sup>, Katarzyna Kochaniak<sup>b</sup>, Jacek Kwiatkowski<sup>b</sup>

<sup>a</sup>Uniwersytet WSB Merito, <sup>b</sup>Uniwersytet Mikołaja Kopernika,

### **Early Labour Attitudes of Ukrainian War Migrant Households: Do They Reflect Migration Motives?**

In this paper, we present strong empirical research on the labour attitudes of Ukrainian households that fled to Poland in the mass migration at the beginning of the 2022 conflict between Russia and Ukraine. We recognised the characteristics of households with immediately employed members and those with members planning future employment in Poland. Based on our unique research sample of selected households, together with a robust and accurate econometric framework, socio-economic migration theories, and results from empirical studies thus far, we decided to verify their main migration motives. We confirm the presence of both economic and humanitarian migrants in the external mass movement from Ukraine at the onset of the war, and different factors that influenced their attitudes towards participation in the labour market, including public assistance. Additionally, we found that social networks played a more significant role in households migrating primarily for economic reasons. We identified certain similarities between households with employed members and those planning employment. At

the end, we provide recommendations for public authorities responsible for socio-economic policy.

---

Grzegorz Dudek

*Politechnika Częstochowska*

### **Hybrydowe modele prognostyczne: synergia wygładzania wykładniczego i rekurencyjnych sieci neuronowych – nowe mechanizmy i możliwości**

Prognozowanie szeregów czasowych stanowi wyzwanie, zwłaszcza w przypadku szeregów charakteryzujących się nieliniowym trendem, złożoną sezonowością, zmienną wariancją i dużymi zakłóceniami losowymi. Aby sprostać temu wyzwaniu, modele prognostyczne powinny być wyposażone w odpowiednie mechanizmy i procedury. W referacie omawia się hybrydowe modele prognostyczne łączące wygładzanie wykładnicze i rekurencyjne sieci neuronowe, ES-RNN. Moduł wygładzania wykładniczego wyodrębnia dynamicznie główne składowe szeregi czasowych i umożliwia uczenie się odpowiednich reprezentacji szeregów w celu uproszczenia problemu prognostycznego. Działając na tych reprezentacjach, sieć rekurencyjna generuje prognozy punktowe i przedziały predykcji. Sieć rekurencyjna ma architekturę wielowarstwową i hierarchiczną, ułatwiającą modelowanie zależności o różnym zasięgu czasowym – krótkoterminowych, długoterminowych i sezonowych. Sieć zawiera nowe bramkowane komórki rekurencyjne, alternatywne do standardowych komórek LSTM i GRU, które umożliwiają modelowanie relacji o dłuższych horyzontach i dynamiczną selekcję informacji wejściowej dzięki wbudowanemu mechanizmowi uwagi. Aby poprawić wewnętrzną reprezentację szeregów czasowych, sieć rekurencyjna uczy się jednocześnie parametrów wygładzania i funkcji transformującej dane wejściowe w prognozy. Najnowsze rozwiązania modelu ES-RNN zawierają dwie ścieżki przetwarzania danych: główną i kontekstową. Ścieżka kontekstowa wzbogaca dane wejściowe dla ścieżki głównej o dodatkowe informacje „wydobyte” z reprezentatywnych szeregów czasowych, w tym z szeregów zmiennych egzogenicznych. W referacie przedstawiono dwa przykłady zastosowania modelu ES-RNN. Pierwszy dotyczy prognozowania szeregów zapotrzebowania na energię elektryczną charakteryzujących się trzema cyklami wahań sezonowych. Drugi przykład dotyczy prognozowania cen kryptowalut na podstawie zmiennych egzogenicznych.

---

Grzegorz Dudek<sup>a</sup>, Piotr Fiszedler<sup>b</sup>, Paweł Kobus<sup>c</sup>, Witold Orzeszko<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Politechnika Częstochowska*, <sup>b</sup>*Uniwersytet Mikołaja Kopernika*, <sup>c</sup>*Szkoła Główna*

*Gospodarstwa Wiejskiego*<sup>c</sup>

### **Prognozowanie zmienności kryptowalut za pomocą wybranych modeli statystycznych i algorytmów uczenia maszynowego**

Prognozowanie zmienności kryptowalut umożliwia inwestorom podejmowanie skuteczniejszych decyzji inwestycyjnych, umożliwiających redukcję ryzyka i zwiększenie zysków. W tym celu próbuje się stosować różne metody prognostyczne, brak jest jednak w literaturze przedmiotu wyników badań, które jednoznacznie pokazywałyby, które z nich są najskuteczniejsze. W przeprowadzonym badaniu dokonano szerokiej analizy porównawczej efektywności wybranych modeli statystycznych oraz metod uczenia maszynowego w zakresie prognozowania zmienności czterech kryptowalut: Bitcoina, Ethereum, Litecoina i Monero. W badaniu uwzględniono modele: HAR, ARFIMA i GARCH, dwie metody regularyzacji: LASSO i regresję grzbietową, metody SVR, MLP, FNM, LSTM oraz lasy losowe. Jako

estymator zmienności w pracy wykorzystano zmienność zrealizowaną. Do porównania rozważonych metod zastosowano podstawowe miary trafności prognoz oraz metodę zbioru trafności modeli (MCS).

---

Daniel Kaszyński

*Szkoła Główna Handlowa*

### **Modele sprawiedliwej oceny zdolności kredytowej**

#### Streszczenie/Wstęp

Obecna popularyzacja wykorzystania metod uczenia maszynowego i algorytmów sztucznej inteligencji obejmuje również obszary wysoce regulowane, m.in. bankowość. Kontekst ten zawiera, oprócz potrzeby budowy dokładnych modeli prognozowania spłacalności kredytów (tj. kryterium jakości predykcyjnej modelu), również aspekty regulacji antydyskryminacyjnych. W przypadku oceny zdolności kredytowej intencją regulatora rynku bankowego było przestrzeganie zasad niedyskryminacyjnych, które poprzez zastosowanie automatycznych algorytmów oceny zdolności kredytowej, mogą być niedochowane (tj. zjawisko stronniczości algorytmicznej). Jednocześnie, zastosowanie metod ograniczania stronniczości algorytmicznej będzie powodować pogarszanie jakości modeli decyzyjnych, a tym samym spadku dochodowości działalności banku.

#### Streszczenie/Cel pracy

Celem pracy jest: 1) przedstawienie problematyki stronniczości algorytmicznej w kontekście oceny zdolności kredytowej prowadzonej przez uniwersalne banki w celu wydawania decyzji kredytowych, 2) omówienie sposobu działania wybranych metod ograniczania stronniczości algorytmicznej oraz 3) wskazania w jaki sposób zastosowanie metod ograniczania stronniczości algorytmicznej wpływa na jakość budowanych modeli oceny zdolności kredytowej.

#### Streszczenie/Metody

W pracy wykorzystano modele ekonometrii klasycznej, tj. regresję logistyczną oraz modele klasy uczenia maszynowego, tj. drzewa decyzyjne, metodę lasów losowych, oraz gradient boosting. Dodatkowo, dla każdego ze zdefiniowanych estymatorów basowych, zastosowano metody ograniczania stronniczości algorytmicznej (metody: przed-treningowe, treningowe oraz po-treningowe).

#### Streszczenie/Wyniki lub wnioski

Wynikiem jest przedstawienie oszacowanych modeli w kontekście oceny stronniczości algorytmicznej oraz jakości prognostycznej modeli. Jednym z często stosowanych podejść jest podejście tzw. sprawiedliwości poprzez nieświadomość (ang. fairness through unawareness), które jak wykazano w pracy, nie jest podejściem dominującym (tj. możliwe jest uzyskiwanie modeli o niższym poziomie stronniczości algorytmicznej, przy jednoczesnym uzyskiwaniu wyższych wskaźników jakości prognozy modelu).

---

Maria Knorps

*Tweag*

### **Z warsztatu inżyniera danych**

Zanim dane będą mogły służyć uczeniu maszynowemu należy je odpowiednio przygotować. W prezentacji przedstawiony zostanie zestaw narzędzi używany w procesie przygotowania danych. Zaprezentowany zostanie "workflow": Jupyter notebook i Python, a także podjęty zostanie temat zapewnienia jakości i reprodukowalności operacji przygotowujących dane



(Poetry, Nix, type-checkers, linters, tests). Pokazane zostanie również jak można pracować z dużymi danymi na przykładzie platformy Databricks, tak żeby zapewnić szybką informację zwrotną oraz nie odczuć zmian w stosunku do lokalnego "workflow".

---

Błażej Kochański

*Politechnika Gdańska*

### **Lepsze modele scoringowe jako narzędzie optymalizacji wyników instytucji kredytowych**

Lepsze pod względem siły dyskryminacyjnej modele scoringowe powinny przekładać się na lepsze wyniki finansowe banków. Nie zawsze jednak ta zależność jest wystarczająco przejrzysta dla menedżerów. Zwiększenie o kilka procent pola pod krzywą charakterystyki operacyjnej odbiornika (AUROC) - typowej miary siły dyskryminacyjnej scoringu - ma, jak może się wydawać, niewielki wpływ na wyniki. Jest to jednak w wielu przypadkach przekonanie błędne.

W ramach prezentacji omówię, w jaki sposób wyniki instytucji kredytowych mogą się poprawić dzięki doskonaleniu modeli uczenia maszynowego oceniających ryzyko kredytowe pojedynczych klientów.

Przedstawię również proste narzędzie, które szacuje, w jaki sposób na poprawę wyników banku może wpłynąć zwiększenie siły dyskryminacyjnej scoringu kredytowego – mierzonej za pomocą AUROC lub współczynnika  $d$  Somersa. W zależności od założeń oraz zapotrzebowania użytkowników narzędzie, oparte na matematycznych modelach krzywych ROC (binormalnym i bifrakalnym), umożliwi oszacowanie redukcji szkodowości kredytów, wzrostu akcji kredytowej lub wzrostu zysków. Przedstawiona zostanie również implementacja tego narzędzia w języku R.

Jak się okazuje, niepozorny wzrost siły dyskryminacyjnej modelu scoringowego może doprowadzić do znacznej poprawy rentowności portfela kredytowego.

---

Maciej Koszykowski

*Eviden/Szkoła Doktorska UMK*

### **Uczenie maszynowe w tworzeniu harmonogramu projektu**

Uczenie maszynowe to obiecująca domena dla organizacji zbierających doświadczenia projektowe. Obecnie w ograniczonym zakresie stosuje się uczenie maszynowe w zarządzaniu projektami. Brakuje systematycznych badań wykazujących potencjał uczenia maszynowego w tym obszarze. W odpowiedzi na rosnące zapotrzebowanie na zautomatyzowane planowanie projektów przeprowadzono przegląd literatury dotyczący uczenia maszynowego wykorzystywanego na potrzeby tworzenia harmonogramu projektu. Jego celem jest uporządkowanie obszaru tworzenia harmonogramu projektu z wykorzystaniem uczenia maszynowego. Jest to pierwszy kompleksowy przegląd odkrywający techniki w ramach procesu harmonogramowania projektu.

---

Katarzyna Kryńska, Robert Ślepaczuk

*Uniwersytet Warszawski*

### **Daily and intraday application of various architectures of the LSTM model in algorithmic investment strategies on Bitcoin and the S&P 500 Index**

This thesis investigates the use of various architectures of the LSTM model in algorithmic investment strategies. LSTM models are used to generate buy/sell signals, with previous levels of Bitcoin price and the S&P 500 Index value as inputs. Four approaches are tested: two are regression problems (price level prediction) and the other two are classification problems (prediction of price direction). All approaches are applied to daily, hourly, and 15-minute data and are using a walk-forward optimization procedure with numerous IS and OOS periods. The out-of-sample period for the S&P 500 Index is from February 6, 2014 to August 26, 2022, and for Bitcoin it is from February 1, 2014 to August 26, 2022. We discover that classification techniques beat regression methods on average, and that intraday models perform much better in case of classification approach, while daily ones produce outperforming results in case of regression methods. The research covers 3 types of ensemble models: through frequencies, assets, and the combination of both of them. We come to the conclusion that the ensembling of models positively affects their performance only on the condition of specific characteristics of the component parts. Finally, a sensitivity analysis is performed to determine how changes in the main hyperparameters of the LSTM model affect strategy performance. It reveals that we can distinguish the specific hyperparameters which can increase the performance of LSTM model for all tested cases.

---

Maciej Kwiatkowski

*Szkoła Główna Handlowa*

### **Wykorzystanie uczenia maszynowego do analizy Age-Period-Cohort jakości portfela kredytowego**

Analiza Age-Period-Cohort, zwana też analizą vintage, jest popularną i stosowaną od dziesięcioleci metodą oceny przyczyn szkodowości portfela kredytowego, jak również narzędziem krótkoterminowych prognoz wspomagających kwartalne i coroczne budżetowanie tych strat. Tradycyjnie do tej analizy wykorzystuje się narzędzia Business Intelligence, jak tabele przestawne oraz arkusze kalkulacyjne. W swojej prezentacji pokażę, jak w tym celu można szybko i skutecznie zastosować algorytm uczenia maszynowego XGBoost wraz z wyjaśnieniem predykcji modelu za pomocą wartości Shapleya. Przewagą proponowanego rozwiązania to szybkość analizy, wykorzystywanie nieograniczonej liczby zmiennych wejściowych bez uprzedniego ich kategoryzowania oraz jednoznaczna atrybucja przyczyn szkodowości, której to atrybucji rozwiązania Business Intelligence nie dostarczają. Proponowane rozwiązanie zostało przetestowane w praktyce biznesowej i nadaje się do natychmiastowego wdrożenia.

---

Stanisław Łaniewski, Robert Ślepaczuk  
*Uniwersytet Warszawski*

## **Towards a Multimodal Trading Agent: Integrating Predictive Models and Sentiment Analysis**

Recent advancements in machine learning have significantly improved the predictive power of mathematical models, facilitating their application in various financial domains such as price discovery, pattern identification, and trade execution. Concurrently, Natural Language Processing (NLP) techniques have enabled sentiment analysis of news and statements from financial institutions, offering valuable insights into market dynamics. However, these methodologies are often studied in isolation, overlooking the potential benefits of their integration.

In this paper, we propose a novel architecture for a multimodal trading agent that effectively combines three distinct sources of information. The inputs to the agent comprise market data, including prices and technical indicators, the output of forecasting statistical models (where we advocate the use of LSTM with an attention layer for price prediction), and textual sources such as articles for sentiment analysis (for which we employ a GPT-based classifier). By leveraging a broad range of information, our approach aims to uncover new and valuable trading signals. To process this information, we adopt a stacking model, employing a reinforcement-based algorithm. We investigate and compare the performance of three different architectures: one trained using proximal policy optimization (PPO), another using deep deterministic policy gradient (DDPG), and a third using double deep Q-Network (DDQN). Additionally, we pretrain the architecture on a generated limit order book to enhance its effectiveness.

While the current work is theoretical in nature, the authors are actively extending their research by implementing a full-fledged Python implementation of the proposed multimodal trading agent.

---

Jakub Michańków<sup>a</sup>, Paweł Sakowski<sup>b</sup>, Robert Ślepaczuk<sup>b</sup>

<sup>a</sup>*Uniwersytet Warszawski/Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie*, <sup>b</sup>*Uniwersytet Warszawski*

## **Transformer Deep Learning Models for Financial Assets Returns Prediction**

This research aims to implement a transformer deep learning model for predicting financial asset returns. The predictions generated by the model are used to generate signals employed in algorithmic investment strategies. A comparative analysis is conducted between the performance of transformer networks and a previous iteration of a similar model known as LSTM networks. The research focuses on examining the robustness of the model by employing logarithmic returns from diverse financial asset classes. To mitigate data overfitting concerns, a strict backtesting strategy based on walk-forward validation is employed.

---

Jakub Polaszek

*Atos Poland Global Services/Szkoła Doktorska UMK*

## **Prognozowanie wskaźników wydajności w projektach za pomocą uczenia maszynowego**

Pomimo obserwowanego w ostatnich latach zwiększenia wykorzystania narzędzi do zarządzania i monitorowania projektów, powszechnie wiadomo, że wciąż wiele projektów

napotyka problemy w ich realizacji lub kończy się niepowodzeniem. Tradycyjnie, projekty monitorowane są za pomocą kluczowych wskaźników wydajności- KPI (ang. Key Performance Indicators), które odzwierciedlają aktualny stan projektu i wyrażone są w postaci wartości liczbowych lub statusu graficznego. W praktyce, decyzje strategiczne w projektach podejmowane są zazwyczaj na podstawie porównania wartości tych wskaźników z ich wartościami referencyjnymi. Jest to podejście statyczne, gdyż skupia się wyłącznie na aktualnej wartości analizowanych wskaźników. Tymczasem na właściwą ocenę stanu projektu może mieć wpływ, nie tylko ta statycznie wyznaczona wartość, ale również informacja o jej kształtowaniu się w poprzednich okresach. Z punktu widzenia zarządzania projektami bardzo ważna jest możliwość rozszerzenia podejścia do interpretacji kluczowych wskaźników efektywności poprzez analizowanie ich jako szeregów czasowych, a nie pojedynczych danych oraz zastosowania algorytmów uczenia maszynowego do identyfikacji wzorców w dynamice zmian wskaźników KPI w czasie, w celu ich prognozowania. Prognozowanie wartości wskaźników wydajności za pomocą uczenia maszynowego w przyszłych okresach lub na moment zakończenia projektu, będzie wyznacznikiem przyszłego sukcesu lub porażki projektu.

---

Paweł Sakowski<sup>a</sup>, Rafał Sieradziński<sup>b</sup>, Robert Ślepaczuk<sup>a</sup>

<sup>a</sup>Uniwersytet Warszawski, <sup>b</sup>Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie

### **Measuring systemic risk with implied and realized volatility**

We propose a new measure of systemic risk to analyze the impact of the major financial market turmoils in the stock markets from 2000 to 2023 in the USA, Europe, Brazil, and Japan. The proposed Implied Volatility Realized Volatility Systemic Risk Indicator (IVRVSRI) significantly limits the model risk and substantially decreases computational burden. Moreover, it can be used for other types of assets and high-frequency data. It shows that the reaction of stock markets varies across different geographical locations and the persistence of the shocks depends on the historical volatility and long-term average volatility level in a given market. Robustness checks show that the IVRVSRI is a precise and a valid measure of the current systemic risk in the stock markets. We evaluate its forecasting ability with regard to the weekly returns of S&P 500 index with quasi-quantile, quantile regressions and machine learning techniques, including random forests and xgboost models. Compared with other alternative systemic risk measures (including CATFIN, CISS, SRISK, and Cleveland FED), the IVRVSRI indicates the strongest predicting power.

---

Michał Stasiak

Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

### **Wykorzystanie adaptacyjnego modelu stanowego reprezentacji binarno-czasowej do konstrukcji systemów handlu algorytmicznego**

Reprezentacja binarno-czasowa może być wykorzystana jako alternatywa dla popularnej reprezentacji świecowej zwłaszcza w kontekście tworzenia modeli stanowych oraz konstrukcji w ich oparciu systemów handlu algorytmicznego. Jednym z podstawowych modeli jest binarno-czasowy model stanowy (BCMS). Model ten jednak zakłada przyjęcie stałych parametrów progów czasowych. W celu polepszenia jakości modelowania w referacie zaproponowano adaptacyjny model stanowy w którym parametry progów czasowych są zależne od aktualnych zmian kursu. Na podstawie proponowanego modelu zbudowano system handlu algorytmicznego oraz przetestowano (jak i porównano z analogicznym systemem zbudowanym na podstawie modelu BCMS) jego działanie z wykorzystaniem dedykowanego

oprogramowania napisanego w językach C++ oraz Mql4. Badania empiryczne przeprowadzono z wykorzystaniem danych historycznych dla rynku złota.

---

Marcin Stawarz

*Uniwersytet Mikołaja Kopernika*

### **Wyznaczanie sygnałów kupna i sprzedaży Bitcoina za pomocą modelu XGBoost**

W badaniu została przeanalizowana zdolność modelu prognostycznego do generowania sygnałów transakcyjnych dla Bitcoina. Przygotowany model bazuje na algorytmie klasyfikacyjnym XGBoost. Celem było zbadanie, czy proponowany model skuteczniej wyłapuje trendy rynkowe i w konsekwencji czy zwiększy zwrot z inwestycji w porównaniu z tradycyjną strategią kupuj-i-trzymaj. Do analizy wykorzystano kompleksowy zestaw danych, w tym historyczne ceny oraz wskaźniki techniczne służące jako dane wejściowe dla algorytmu. Efektywność modelu została zweryfikowana za pomocą testów wstecznych, uwzględniając różnorodne metryki. W świetle rosnącego zainteresowania rynkami kryptowalut, wnioski te mają istotne znaczenie dla inwestorów poszukujących nowoczesnych strategii inwestycyjnych.

---

Robert Ślepaczuk, Maciej Wysocki

*Uniwersytet Warszawski*

### **A comprehensive comparison of quantitative finance models for valuation and hedging of options portfolio**

This paper presents a comprehensive comparison of quantitative finance models used for the valuation and hedging of options. The focus of this work is twofold: the theoretical aspects of the tested models and the practical implementation of these models in options trading. The importance of this issue is supported by the fact that financial institutions hold increasingly large portfolios of options constructed with complex investment strategies and market-making processes, and their actions can significantly impact the market (Kalak et al., 2016). Therefore, adequate risk estimation and portfolio hedging become crucial elements of investment activities, especially during periods of rapid volatility fluctuations. Thus, the effectiveness of hedging strategies was assessed in both low and high market volatility regimes. A comparative analysis was conducted using established metrics, including Value-at-Risk and Expected Shortfall, while also considering transaction costs associated with specific strategies. The models used in this study include the Black-Scholes-Merton model, which incorporates various volatility estimators such as realized and implied volatility, as well as the Heston model, the Variance-Gamma model, and other stochastic volatility models based on Levy processes. The selection of these methodologies is based on an extensive literature review. The empirical part of the study was based on high-frequency, 1-minute option prices and index quotes from CBOE during the period from 2015 to 2022. We implemented algorithmic trading strategies for options based on the concept of the volatility risk premium and the aforementioned quantitative finance models applicable to the valuation of option portfolios. By using these models, we obtained the theoretical prices and greeks, which were later used in the hedging procedure. Based on these results, we quantitatively assessed the performance of all the models in pricing and hedging a portfolio of options within actual trading strategies. The preliminary results, supported by the literature, indicate a higher accuracy of stochastic volatility models in valuing index options. This suggests that portfolio hedging based on this class of models may also be more effective

in terms of risk and cost. However, a thorough empirical investigation is required to address this issue, and this study aims to provide an answer to the question regarding the quality of portfolio hedging using quantitative finance models.

---

Michał Woźniak

*Uniwersytet Warszawski*

### **Boosted Value at Risk and Expected Shortfall - application of gradient boosting machine learning models in market risk estimation problem**

This paper presents a novel approach to market risk estimation by developing shallow statistical learning models based on the gradient boosting (NGBoost) architecture. The primary objectives are to assess the effectiveness of these models in comparison to state-of-the-art classical econometric models, explore the performance of models directly estimating the probability density function (pdf) of returns versus hybrid models estimating the pdf of standardized residuals in the GARCH model, and evaluate NGBoost's performance among other gradient boosting models.

The methodology involves implementing the NGBoost architecture in two distinct approaches: direct estimation of the conditional pdf of returns and the estimation of the pdf of standardized residuals in the GARCH model. Furthermore, a comprehensive comparison is conducted with other boosting models, including xgboost-distribution, Probabilistic Gradient Boosting Machines, XGBoostLSS, LightGBMLSS, Model Agnostic Prediction Interval Estimator, and Boosted ARCH. To evaluate the results, a custom Light Benchmark is utilized, comprising 375 validation paths, with two-thirds dedicated to Value at Risk (VaR) and one-third to Expected Shortfall (ES). The Light Benchmark covers various validation techniques encompassing regulatory requirements, forecasting adequateness, and capital effectiveness. It encompasses different dimensions such as asset categories, representatives of each category, testing periods, testing period sizes, testing horizons, and VaR/ES confidence levels.

The developed shallow statistical learning models based on the NGBoost architecture exhibit superior performance compared to existing state-of-the-art models. Leveraging the strengths of the gradient boosting algorithm, proposed models demonstrate enhanced accuracy and generalization capabilities in estimating market risk. Furthermore, hybrid models estimating the pdf of standardized residuals in the GARCH model outperform models directly estimating the pdf of returns. Among gradient boosting models, NGBoost emerges as the top performer due to its unique features and robust performance. These findings contribute to the advancement of market risk estimation techniques and provide valuable insights for risk management practitioners and researchers alike.

---

Stephan Wronkowski-Elster<sup>a</sup>, Samuel Boehme<sup>b</sup>

<sup>a</sup>SAP Deutschland SE & Co.KG/Szkoła Doktorska UMK, <sup>b</sup>SAP Innovation Center

#### **AI in Business**

Enterprise Resource Planning is the basis for handling business processes in companies. Since their introduction, they have been constantly improved to make business processes more efficient and to constantly evolve using the latest innovations in information technology. This is one of the reasons why ERP systems are at the forefront of corporate modernisation projects. Against this backdrop, there is an increasing proliferation of ERP systems with so-called intelligent functions that use different types of AI. In the current ERP version S/4HANA of the market leader SAP, such intelligent functions are used in the business processes and areas of

supply chain management, finance, human capital management, in order to automate the handling of the processes, to improve their quality or to support the process operators (augmentation). Another possibility to extend the ERP system and the entire ERP landscape with AI for function optimisation is the SAP Business Technology Platform (SAP BTP). SAP BTP is a cloud platform based on intelligent business management, providing the basis for a next-generation ERP system (composable and modularised) and helping to achieve better business results through integration and embedded tools with AI. The presentation will cover the SAP AI strategy, some AI capabilities built into S/4HANA, the SAP BTP with its AI Capabilities (AI Core, ISLM- Intelligent Services Lifecycle Management) and the SAP Decision Simulator (SAP ICN Potsdam).

---

Małgorzata Wrzosek

*Szkoła Główna Handlowa*

### **Miary sprawiedliwości modeli uczenia maszynowego w finansach**

Znaczący wzrost ilości przechowywanych danych oraz szybkości i mocy obliczeniowej komputerów przyczyniły się do szerokiego wykorzystania metod uczenia maszynowego w wielu obszarach decyzyjnych. Pozwalają one na automatyzację procesów podejmowania decyzji, jednak nieprzewidywalnie wykorzystane mogą prowadzić do systematycznych błędów oceny i – w konsekwencji – skutkować błędnymi decyzjami. Coraz szersze zastosowanie sztucznej inteligencji, szczególnie w sektorze w finansowym, wiązało się z koniecznością regulacji takich działań oraz wskazania dobrych praktyk. Zestawienie wymagań stawianych wdrażaniu sztucznej inteligencji w sektorze finansowym przedstawia dokument *Humans keeping AI in check – emerging regulatory expectations in the financial sector*, opublikowany przez Financial Stability Institute (FIS), Bank for International Settlements (BIS). Wspólne oczekiwania różnych instytucji nadzorczych w odniesieniu do stosowanych metod analitycznych obejmują pięć warunków: niezawodność/solidność, odpowiedzialność, transparentność, sprawiedliwość, etyczność. Prezentowana praca ma na celu zbadanie i porównanie metod, które służą ocenie sprawiedliwości modeli uczenia maszynowego w finansach.

---

Mirosława Żurek

*Uniwersytet Mikołaja Kopernika*

### **Uczenie maszynowe jako niezastąpione narzędzie w analizie danych przedsiębiorstwa – na przykładzie SAP Analytics Cloud**

Uczenie maszynowe jest coraz częściej wykorzystywanym narzędziem w programach do analizy danych i ich wizualizacji. Wiodący producenci oprogramowania tacy jak: Microsoft, SAP czy Google pozwalają na inteligentne wyszukiwanie treści, automatyzację prognoz czy znajdowanie prawidłowości w danych przy minimalnej ingerencji użytkownika. Algorytmy oparte o uczenie maszynowe pozwalają w sposób bardziej efektywny monitorować bieżącą kondycję przedsiębiorstwa, wychwytywać nieprawidłowości w danych czy ustalać czynniki mające największy wpływ na poszczególne wielkości. Referat ma charakter praktyczny i stanowi prezentację możliwości analitycznych SAP Analytics Cloud w obszarach: Smart Insights, Smart Discovery i Smart Predict, które bazują na sztucznej inteligencji i stanowią doskonały przykład wykorzystania modeli uczenia maszynowego w praktyce.

---





## **Lista uczestników konferencji *Uczenie Maszynowe w Ekonomii i Finansach***

1. Bejger Sylwester, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
2. Bielska Kamila, Eviden
3. Dudek Grzegorz, Politechnika Częstochowska
4. Górecka Dorota, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
5. Jankiewicz Mateusz, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
6. Kaszyński Daniel, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie
7. Knorps Maria, Tweag
8. Kochaniak Katarzyna, Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
9. Kochański Błażej, Politechnika Gdańska
10. Koszykowski Maciej, Eviden/Szkoła Doktorska UMK
11. Kotlarz Jan, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
12. Kwiatkowski Maciej, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie
13. Łaniewski Stanisław, Uniwersytet Warszawski
14. Mackiewicz Michał, Uniwersytet Łódzki
15. Markowski Grzegorz, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
16. Michańków Jakub, Uniwersytet Warszawski / Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
17. Orzeszko Witold, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
18. Polaszek Jakub, Atos Poland Global Services/Szkoła Doktorska UMK
19. Sakowski Paweł, Uniwersytet Warszawski
20. Skrzypczyk Dominik, Eviden
21. Stasiak Michał, Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu
22. Stawarz Marcin, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
23. Ślepaczuk Robert, Uniwersytet Warszawski
24. Wata Marcin, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu
25. Wronkowski-Elster Stephan, SAP Deutschland SE & Co.KG/Szkoła Doktorska UMK
26. Wrzosek Małgorzata, Szkoła Główna Handlowa w Warszawie
27. Wysocki Maciej, Uniwersytet Warszawski
28. Zajdel Radosław, Uniwersytet Łódzki
29. Żurek Mirosława, Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu