



Uniwersytet
Ekonomiczny
w Katowicach

Wydział Informatyki i Komunikacji
Katedra Badań Operacyjnych

Konferencje pod patronatem
Komitetu Statystyki i Ekonometrii Polskiej Akademii Nauk

XV Ogólnopolska Konferencja Naukowa

Modelowanie Preferencji a Ryzyko '25

11th International Workshop on

Multiple Criteria Decision Making '25

7–8 kwietnia 2025

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

April 7th–8th, 2025

University of Economics in Katowice

Patronat honorowy: _____



JM Rektor Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach
prof. dr hab. inż. Celina M. Olszak



www.ue.katowice.pl ←

Streszczenia / Abstracts

Marcin Anholcer

Poznań University of Economics and Business

Stable Solutions in Many-Sided Matching Problems

In 1962, Gale and Shapley proved that there exists a stable matching in every instance of the 2-Sided Stable Matching Problem. It was shown very soon that it does not have to be true in the case of 3-Sided Stable Matching Problems (or more generally, Many-Sided Stable Matching Problems). A natural question was posed: what systems of preferences guarantee the existence of stable matching in many-sided problems? We give a partial answer to this question, using Latin rectangles.

Marcin Anholcer

Maciej Bartkowiak

Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

Jarosław Grytczuk

Małgorzata Śleszyńska-Nowak

Politechnika Warszawska

Sprawiedliwy podział i struktury grafowe

Problematyka Sprawiedliwego podziału dóbr stanowi jedno z fundamentalnych wyzwań w naukach społecznych, wymagając często interdyscyplinarnego podejścia z zakresu ekonomii i matematyki. Wprowadzenie struktur grafowych do tej koncepcji pomaga zarówno w modelowaniu problemów alokacji, jak i w dostosowywaniu kryteriów sprawiedliwości – takich jak Proporcjonalność czy Wolność od Zazdrości – do konkretnych uwarunkowań sieci społecznych. Struktura grafów zapewnia ramy do analizy i projektowania mechanizmów alokacyjnych, odzwierciedlając wzajemne powiązania między indywidualnymi uczestnikami czy grupami. Niniejsza praca ukazuje, w jaki sposób perspektywa teorii grafów może zwiększyć zastosowalność i przejrzystość przyjętych kryteriów sprawiedliwości w zróżnicowanych kontekstach.

Marcin Anholcer

Maciej Bartkowiak

Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

Jarosław Grytczuk

Małgorzata Śleszyńska-Nowak

Politechnika Warszawska

Sprawiedliwy podział na grafach i hipergrafach

W referacie przedstawiamy wyniki naszych badań na temat sprawiedliwego podziału (w szczególności w powiązaniu z kryterium EFX) w powiązaniu z grafem (lub hipergrafem) wiedzy.

Milena Bieniek

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

Wpływ niepewności popytu na podejmowanie decyzji logistycznych

Głównym zadaniem zarządzania łańcuchem dostaw jest zintegrowanie różnorodnych podmiotów, w tym dostawców, producentów, centrów dystrybucji i klientów, w celu produkcji towarów i ich dystrybucji do wybranych lokalizacji w efektywny sposób. Podmioty te stanowią sieć łańcucha dostaw, którą należy odpowiednio zaprojektować. Projektowanie sieci łańcucha dostaw zajmuje się strategicznymi decyzjami dotyczącymi liczby i lokalizacji obiektów, które mają być uruchomione oraz decyzjami taktycznymi, takimi jak plany produkcji i przepływu towarów przez sieć. Planowanie łańcucha dostaw polega również na formowaniu relacji pomiędzy przedsiębiorcami między sobą oraz między przedsiębiorcami i klientami, w sposób przynoszący korzyści dla każdej ze stron.

Instrumentem wspomagającym projektowanie łańcuchów dostaw są matematyczne modele, które ułatwiają podejmowanie optymalnych decyzji. Modele te lepiej odzwierciedlają rzeczywistość jeżeli uwzględnimy losowość popytu. Popyt jest często prognozowany poprzez model addytywny lub multiplikatywny. Model addytywny dobrze opisuje popyt na produkty markowe, a multiplikatywny – na produkty zakupione w lokalnych sklepach, nowowprowadzone na rynek lub krzyki mody. Należy zauważyć, że model liniowy addytywny jest w niektórych przypadkach nierealistyczny, bo prognozuje ujemny popyt dla wysokich cen optymalnych i znacznych wahań popytu.

Luka badawcza polega na niedoborze skutecznych i efektywnych modeli optymalizacyjnych łańcucha dostaw dla różnych stochastycznych modeli popytu. Celem jest opracowanie matematycznych modeli łańcuchów dostaw i znalezienie decyzji optymalnych dotyczących cen i zamówień na podstawie tych modeli. Struktura referatu jest powiązana z kolejnością podejmowania decyzji przy projektowaniu łańcucha dostaw. Najpierw zostaną przedstawione decyzje strategiczne o lokalizacji obiektów i relacjach między uczestnikami łańcucha dostaw. Następnie zostaną zaprezentowane decyzje operacyjne w zarządzaniu zapasami i kontraktach. Finalnie, zostaną rozważone warunki

koordynacji kontraktów oraz wpływ szczególnie niekorzystnych warunków rynkowych na podejmowanie decyzji logistycznych.

Paweł Czesak

Infoklinika S.A.

Przemysław Juszcuk

Ignacy Kaliszewski

Janusz Miroforidis

Dmitry Podkopaev

Instytut Badań Systemowych Polskiej Akademii Nauk

Grzegorz Śladowski

Infoklinika S.A.

System do zarządzania heterogeniczną pamięcią masową na bazie optymalizacji wielokryterialnej i uczenia maszynowego

W prezentacji przedstawimy autorskie podejście do dynamicznej alokacji plików w heterogenicznych systemach pamięci masowej, oparte na optymalizacji wielokryterialnej i uczeniu maszynowym.

W systemach pamięci masowej występują urządzenia różnych typów, takich jak dyski HDD, SSD, pamięci taśmowe. Każde takie urządzenie ma specyficzne charakterystyki wydajności i kosztów eksploatacji. Z kolei pliki obsługiwane w takich systemach są powiązane z różnymi wzorcami użytkowania w zależności od ich typu i przeznaczenia. Na przykład pliki kopii zapasowych są duże, są tworzone raz i są rzadko używane; pliki przechowywane w pamięci podręcznej są często zmieniane, pliki wideo, poddawane edycji lub odczytywane z umiarkowaną prędkością podczas odtwarzania, są zwykle zapisywane w dużych fragmentach.

Przydzielanie plików do odpowiednich urządzeń pamięci masowej w zależności od wzorców użytkowania plików może poprawić efektywność systemu komputerowego obsługiwanego przez system pamięci masowej w takich aspektach jak np. wydajność, koszt eksploatacji, czy oddziaływanie na ekosystem.

Zaproponowano autorskie podejście do dynamicznej alokacji plików polegające na zaprojektowaniu i wytworzeniu oprogramowania dla trzech komponentów systemu alokacji plików, a mianowicie komponentu klasteryzacji charakterystyk strumienia plików napływających do systemu pamięci, komponentu tworzenia optymalnych wzorców alokacji plików, oraz komponentu dynamicznej (okresowej) alokacji plików według wytworzonych wzorców. Komponenty te wykorzystują, odpowiednio, techniki agregacji danych, optymalizacji wielokryterialnej, oraz uczenia maszynowego za pomocą sieci neuronowych.

Podejście to zostało wdrożone i przetestowane w firmie INFOKLINIKA S.A. Na wytworzone rozwiązanie firma otrzymała patent Urzędu Patentowego RP.

Krzysztof Dmytrów
Uniwersytet Szczeciński

Porządkowanie liniowe obiektów – propozycja połączenia metod Hellwiga i TOPSIS

Ważnym elementem metod wielowymiarowej analizy statystycznej jest porządkowanie liniowe obiektów. Metody porządkowania liniowego są także wykorzystywane podczas wielokryterialnego podejmowania decyzji. Dzielą się one na takie, które wykorzystują punkty odniesienia (nazywane są metodami wzorcowymi) oraz niewykorzystujące takich punktów (zwane metodami bezwzorcowymi). Polegają one na wyznaczeniu zmiennej syntetycznej powstałej z agregacji wielu zmiennych opisujących obiekty. Przedmiotem badania będą dwie metody wzorcowe. Zostanie podjęta próba połączenia dwóch znanych metod porządkowania liniowego – metody TOPSIS (Technique for Order of Preference by Similarity to Ideal Solution) oraz syntetycznego miernika rozwoju Hellwiga. Metoda TOPSIS wykorzystuje dwa punkty odniesienia – wzorzec i antywzorzec, a metoda Hellwiga – tylko jeden (wzorzec). Wadą metody TOPSIS jest wykorzystanie odległości od antywzorca tylko jako elementu normalizującego wartość zmiennej syntetycznej, a wadą metody Hellwiga jest to, że wartość otrzymanej zmiennej syntetycznej i pozycja każdego obiektu zależy jedynie od odległości od wzorca. W badaniu zostanie zaprezentowane proste połączenie obu metod, aby otrzymać nową miarę syntetyczną. Rozważania zostaną zilustrowane na przykładzie danych dotyczących sytuacji na rynku pracy w państwach Unii Europejskiej. W pierwszym etapie badania zostaną porównane wyniki dla wszystkich badanych metod dla oryginalnych wartości zmiennych. W drugim etapie badania dane zostaną porangowane, aby zapewnić dla wszystkich cech jednakową zmienność i poziom przeciętny, przy zachowaniu wzajemnych pozycji pomiędzy państwami dla każdej zmiennej. Aby nie faworyzować żadnej zmiennej, zostaną założone równe ich wagi. W ostatnim etapie badania odległości obiektów od wartości wzorca i antywzorca zostaną zaprezentowane graficznie z wykorzystaniem metod skalowania wielowymiarowego.

Marzena Filipowicz-Chomko
Ewa Roszkowska
Politechnika Białostocka

Metoda wielokryterialna oparta na odległościach do punktu idealnego i anty-idealnego

Celem wystąpienia jest prezentacja metody wielokryterialnej, która za pomocą wskaźnika uwzględnia asymetrię w ocenie wariantów decyzyjnych względem punktów referencyjnych – idealnego i anty-idealnego. Algorytm metody MIDIA (Method Integrating Distances to Ideal and Anti-Ideal Points) jest przyjazny dla użytkownika oraz z perspektywy behawioralnej, odzwierciedla naturalną tendencję ludzkiego umysłu do oceny obiektów w oparciu o porównanie z rozwiązaniem idealnym i anty-idealnym. Zaprezentowana metoda może być traktowana jako rozszerzenie metody Hellwiga.

Metoda MIDIA została zastosowana do oceny i rankingu krajów członkowskich UE z 2022 roku pod kątem realizacji celu SDG 4 dotyczącego edukacji. Wyniki uzyskane za pomocą metody MIDIA porównano z rezultatami osiągniętymi przy wykorzystaniu metod TOPSIS i VIKOR.

Piotr Fiszeder

Witold Orzeszko

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Radosław Pietrzyk

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Wykorzystanie ChatGPT do prognozowania cen Bitcoina

W pracy przeanalizowano możliwość zastosowania ChatGPT do analizy sentymentu, w celu prognozowania stóp zwrotu Bitcoina. Nagłówki wiadomości dotyczących Bitcoina zostały ocenione przez ChatGPT, a uzyskane wskaźniki sentymentu zostały włączone do modeli statystycznych i uczenia maszynowego, w tym modeli autoregresyjnych (AR), uśredniania bayesowskiego (BMA), LASSO oraz metody wektorów nośnych (SVR). Otrzymane wyniki wskazują, że zarówno jednoczesne, jak i opóźnione wskaźniki sentymentu wyznaczone przez ChatGPT mają istotny wpływ na stopy zwrotu Bitcoina, zwiększając dopasowanie modeli wewnątrz próby. Pomimo tego, modele uwzględniające opóźnione wskaźniki sentymentu nie osiągają statystycznie istotnie wyższej trafności prognoz poza próbą, co jest zgodne z hipotezą rynku efektywnego.

Anna Gorczyca-Goraj

Krzysztof Grzanka

Marek Szopa

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

Piotr Frąckiewicz

Uniwersytet Pomorski w Słupsku

Wsparcie dla obliczeń rozszerzeń kwantowych gier klasycznych i poszukiwania ich równowag Nasha

W dotychczasowych pracach autorów zbadane zostały rozszerzenia klasycznych gier na dziedzinę kwantową, generowane przez dodanie dwu strategii unitarnych do dwóch klasycznych strategii każdego gracza. Wyznaczone klasy rozszerzeń kwantowych zastosowane zostały do rozszerzenia Dylematu Więźnia i zbadania równowag Nasha rozszerzonej gry pod kątem ich optymalności Pareto. Złożoność obliczeniowa analizowanych problemów skłoniła autorów do opracowania dedykowanego pakietu Mathematica, który m.in. wspiera obliczenia prowadzące do uzyskania jawnej postaci rozszerzeń kwantowych dowolnych gier klasycznych oraz wylicza równowagi Nasha,

w celu ułatwienia wejścia zainteresowanych badaczy w tę tematykę. Pakiet zostanie udostępniony w postaci open-source. Podczas wystąpienia zostaną zaprezentowane wyniki badań naukowych nad rozszerzeniami kwantowymi gier klasycznych oraz szczegóły implementacyjne pakietu.

Ahmed Abdelbarie Guelmami

Vistula University

Lynda Kacha

Université Constantine 2

Privacy Protection Using Metaheuristic Algorithm in Cloud Computing

Technological advancements and the increasing derivation of knowledge from data across various sectors have created significant research opportunities. The data collected in today's digital world plays a crucial role in making informed decisions. However, the widespread sharing and dissemination of this data raise serious concerns about security and the privacy of individuals. These concerns become even more critical in the context of Cloud Computing, which involves the on-demand transfer, sharing, and storage of resources. To address these privacy challenges, anonymity techniques are employed to protect individuals by masking their personal information. Among these techniques, the k-anonymity model stands out as one of the most widely adopted due to its simplicity and effectiveness. Despite its conceptual simplicity, finding an optimal k-anonym solution – one that achieves maximum data quality and privacy protection – is computationally complex and classified as an NP-hard problem. This challenge arises from the conflicting objectives of maximizing privacy while preserving data utility. In response to this problem, significant research has focused on developing optimization approaches capable of effectively searching for optimal solutions. Among these, metaheuristic optimization algorithms have demonstrated their efficiency in addressing such complex issues. This study introduces a novel optimization algorithm based on the Grey Wolf Optimization (GWO) metaheuristic, which has been integrated into the k-anonymity model. The proposed approach aims to enhance the k-anonymization process by improving data quality while maintaining robust privacy protection. The effectiveness of the proposed algorithm is evaluated through implementation and experimentation, providing a comprehensive assessment of its performance.

Maciej Gwóźdź

Ammega

Decision Making and Risk Management in Private Equity Environment Based on Ammega

Private equity has experienced significant growth over the past decade, establishing itself as a major force in international investment. This presentation provides an overview of how the focus on value creation, active management, and mid-term exit strategies is influencing the decision-making processes within the Ammega Group.

The key areas of focus include:

1. **Thematic Research and Investment Segment Selection:** Private equity firms conduct in-depth thematic research to identify promising investment segments. This research is often guided by prevailing mega trends, such as technological advancements, demographic shifts, and sustainability initiatives. By aligning investments with these trends, firms can position themselves for long-term growth and profitability.

2. **Capital Structure:** The capital structure of an investment is driven by the firm's risk appetite and the cost of capital. Private equity firms carefully balance debt and equity to optimize financial performance while managing risk. This involves assessing the cost of borrowing, the availability of capital, and the potential returns on investment.

3. **Value Creation:** A central tenet of private equity investing is the creation of value within portfolio companies. This can be achieved through various strategies, including cost optimization and market leadership. Cost optimization focuses on improving operational efficiency and reducing expenses, while market leadership aims to enhance the company's competitive position and drive revenue growth.

4. **Investment Horizon and Exit Options:** Private equity firms typically have a mid-term investment horizon, often ranging from three to seven years. During this period, they work to enhance the value of their investments through active management and strategic initiatives. Exit options are carefully considered, with firms evaluating potential avenues such as initial public offerings (IPOs), mergers and acquisitions (M&A), or secondary sales to other investors.

In summary, the decision-making process in private equity investing within the Ammega Group is shaped by a focus on value creation, active management, and strategic exit planning. By leveraging thematic research, optimizing capital structures, and implementing effective value creation strategies, private equity firms can drive significant growth and profitability in their portfolio companies.

Jarosław Janecki

Szkoła Główna Handlowa w Warszawie

Metody oceny niepewności w badaniach ankietowych

Ocena niepewności w badaniach ankietowych jest kluczowym elementem analizy wyników, szczególnie w badaniach koniunkturalnych, gdzie respondenci wyrażają swoje opinie na temat przyszłej sytuacji gospodarczej. W referacie zostaną przedstawione metody oceny niepewności oparte na teorii prawdopodobieństwa, ze szczególnym uwzględnieniem teorii Dempstera-Shafera. Teoria ta umożliwia przypisanie odpowiedziom stopni przekonania, które tworzą rozkład przekonań (tzw. funkcję przekonań). Dzięki temu można określić prawdopodobieństwo danej odpowiedzi oraz ocenić stopień niepewności związany z deklaracjami respondentów. Analiza ta pozwala lepiej zrozumieć poziom niepewności i wahania w opiniach ankietowanych, co ma istotne znaczenie w interpretacji wyników badań koniunktury. Przedstawione metody zostaną zilustrowane na przykładzie rzeczywistych badań ankietowych, co pozwoli ocenić ich praktyczną użyteczność. Wykorzystanie teorii Dempstera-Shafera może znacząco poprawić trafność interpretacji danych i dostarczyć bardziej precyzyjnych wniosków na temat zjawisk gospodarczych.

Miłosz Kadziński

Michał Fredrych

Poznan University of Technology

Advancing Value-Based Preference Learning through Neural Network Architectures and Transfer Learning

We introduce novel methods in value-based preference learning, extending traditional decision-aiding models by reinterpreting them within deep learning frameworks. This way, we enhance preference models' robustness, interpretability, and adaptability while addressing inconsistencies inherent in preference data. Furthermore, we explore transfer learning techniques to improve model performance in scenarios with limited preference data across diverse decision contexts.

Our primary contribution consists of a neural network-based reinterpretation of the UTADIS method, incorporating granular function layers to model both monotonic and non-monotonic utility functions. This architectural design enhances flexibility and robustness against data inconsistencies while preserving explainability in multi-criteria decision-making (MCDM).

The study systematically investigates the application of transfer learning within the neural network framework, employing techniques such as parameter fine-tuning and characteristic point reconstruction to improve model adaptability. For comparative analysis, analogous transfer learning techniques are applied to mathematical programming models, facilitating an evaluation of their relative effectiveness. Although the primary emphasis is placed on developing the neural architecture, the benchmark

analysis offers valuable insights into the trade-offs between structured optimization and deep learning-based preference modeling.

Experimental results demonstrate that the proposed neural network model performs comparably to traditional UTADIS methods while providing additional advantages in managing complex decision structures. The capacity to incorporate transfer learning and adapt to varying decision environments underscores its potential for scalable and interpretable decision support applications. This study contributes to bridging structured optimization with deep learning, thereby advancing the development of flexible and explainable artificial intelligence in multi-criteria decision-aiding.

Keywords: Multiple Criteria Decision Analysis, Decision Support, Preference Learning, Additive Value Function, Multiple Criteria Sorting, UTADIS, Non-monotonic criteria, Neural Network, Deep Learning, Explainable AI, Transfer Learning, Knowledge Transfer, Grains, Grained Aggregation, Grained Function

Ignacy Kaliszewski

Systems Research Institute of the Polish Academy of Sciences

Bounded Rationality and Multicriteria Decision Aiding

Compared to deciding under single criteria, in Multicriteria Decision Aiding the role of the decision maker is much more predominant. This is because in the former case, once the decision model is formulated, the notion of optimal decision is well defined, whereas in the latter, it is not. The behavioral biases influencing the model construction can be the same, however in Multicriteria Decision Aiding decisions are selected from a range of incomparable Pareto optimal candidates. Thus, in Multicriteria Decision Aiding there is more space where behavioral biases can emerge.

In this work, within the Multicriteria Decision Aiding setting, we identify the most important decision process drivers that cause the decisions to be satisfying but rarely the best possible. To tame the impact of those drivers on the decision aiding process, we propose a generic Multicriteria Decision Aiding tool, a sort of *what-if analysis*, and show how to make it operational.

Adam Kasiński

Szkoła Główna Handlowa w Warszawie

Struktura sieci drogowej i wyznaczanie centrów miast w optymalizacji transportu

Efektywne zarządzanie siecią drogową w miastach wymaga optymalizacji ruchu w odpowiedzi na narastający problem zatłoczenia i korków, które znacząco zwiększają czas oraz koszty transportu. Kluczowym aspektem planowania ruchu drogowego jest zrozumienie struktury przestrzeni miejskiej, w tym zjawisk wyższego rzędu, które

w istotny sposób wpływają na dynamikę funkcjonowania miast. Jednym z takich zjawisk jest centrum miasta – obszar o intensywnej działalności gospodarczej, charakteryzującego się wyższym natężeniem transportu w porównaniu z innymi częściami aglomeracji. Planowanie przestrzenne, zwłaszcza z wykorzystaniem metod symulacyjnych, wymaga uwzględnienia tego rodzaju różnicowań.

Brak jednoznacznej definicji pojęcia centrum miasta sprawia, że jego identyfikacja oraz określenie cech strukturalnych stanowią wyzwanie badawcze. W literaturze przedstawiono różne podejścia określania centrów miejskich, a jedną z nich jest znajdowanie obszarów o najgęstszej sieci drogowej. Jednak z uwagi na zróżnicowaną morfologię oraz historię rozwoju aglomeracji, wartości gęstości sieci drogowej charakteryzujące strefy centralne mogą wykazywać różnice między poszczególnymi miastami.

Celem niniejszej pracy jest zbadanie tych różnic oraz określenie przedziałów gęstości sieci drogowej typowych dla centrów miast. Uzyskane wyniki mogą zostać wykorzystane jako heurystyki w procesie generowania syntetycznych modeli miast, które mogą posłużyć jako środowiska testowe w badaniach optymalizacyjnych.

Daniel Kaszyński

Szkoła Główna Handlowa w Warszawie

Stronniczość algorytmiczna w ocenie zdolności kredytowej

Modele oceny zdolności kredytowej są wykorzystywane przez banki do automatyzacji procesu podejmowania decyzji kredytowych związanych z aplikacjami konsumentów. Decyzje kredytowe podejmowane przy wykorzystaniu modeli oceny zdolności kredytowej, z racji wpływu na sytuację życiową osób fizycznych, np. sytuację finansową lub mieszkaniową, mogą być dyskryminujące dla określonej grupy ludzi; modele oceny zdolności kredytowej stosowane przez banki mogą charakteryzować się problemem stronniczości algorytmicznej. Stronniczość algorytmiczna występuje wtedy, gdy decyzja podjęta za pomocą modelu systematycznie stawia w niekorzystnej, gorszej sytuacji wybraną grupę społeczną określoną przez cechę prawnie chronioną (w zależności od regulacji, np. płeć, pochodzenie etniczne lub wyznanie). Celem prezentacji jest przedstawienie meto wspomaganie decyzji regulatorów rynku kredytów konsumenckich w zakresie tworzenia oraz banków w zakresie wdrażania przepisów równościowych w obszarze modeli oceny zdolności kredytowej konsumentów. Wyniki badania potwierdzają, że obecnie wykorzystywane przez banki podejście „sprawiedliwości przez nieświadomość” nie jest efektywne i istnieją lepsze, z perspektywy rachunku ekonomicznego banku oraz zakazu dyskryminacji, metody redukcji stronniczości algorytmicznej.

Paweł Tadeusz Kazibudzki
Opole University of Technology

On the Uncertainty Related to the Inexactitude of Priorities Derived from Consistent Pairwise Comparison Matrices

When the consistency or inconsistency of Pairwise Comparisons (PCs) is considered as a subfield of the Multi-Attribute Decision Making (MADM) discipline, it has significant implications for various research areas. These include diverse modeling scenarios such as reducing inconsistency in PCs, establishing appropriate consistency thresholds for inconsistent Pairwise Comparison Matrices (PCMs), completing incomplete PCMs, aggregating individual PCMs in Group Decision Making (GDM) contexts, and examining the relationship between PCMs' consistency and the credibility of Priority Vectors (PVs) derived using various Priority Derivation Methods (PDMs).

A key research focus within this domain is the uncertainty associated with the inexactitude of prioritization based on derived PVs. However, relatively few studies address this issue from the perspective of PCM applicability for credibly determining decision-makers' (DMs) priorities in a manner that minimizes prioritization uncertainty and reduces the likelihood of ranking fluctuations, which can often be both possible and probable. This challenge constitutes the primary focus of this research.

The findings have profound implications for prioritization quality in the context of PCs methodology, particularly concerning the interpretation and reliability of prioritization results. First, the outcomes redefine perspectives on the rank reversal phenomenon, offering new insights into longstanding debates in the literature. Second, the results contribute to the discussion on the fuzziness of Analytic Hierarchy Process (AHP) results, presenting a fresh perspective. Finally, the research introduces a novel opportunity to evaluate prioritization outcomes from consistent PCs using the well-established framework of statistical hypothesis testing.

Dorota Kuchta
Politechnika Wrocławska

Rozmyta korelacja w zarządzaniu projektami

W zarządzaniu projektami, planując czas, koszt czy inne wartości istotne dla sukcesu projektu, trzeba wziąć pod uwagę zależności między poszczególnymi elementami projektu (między poszczególnymi zadaniami, między kosztem a czasem, między kompetencjami ludzi a czasem, itp.). We współczesnych, coraz bardziej złożonych projektach takich zależności jest coraz więcej. Znacznie komplikuje to proces zarządzania projektami i często prowadzi do rezygnacji z uwzględniania zależności, co prowadzi do zniekształconych wyników i może wpływać negatywnie na jakość podejmowanych decyzji. Jedną z miar zależności między zmiennymi losowymi jest korelacja, stosowana, jeśli czas, koszt i inne wartości są modelowane probabilistycznie. Stosowanie modelowania rozmytego znacznie upraszcza modele zarządzania projektami. W pracy

zostaną rozważone różne podejścia do korelacji między liczbami rozmytymi i ich przydatność w zarządzaniu projektami opartym na podejściu rozmytym.

Martina Kuncova

Prague University of Economics and Business

Roman Fiala

College of Polytechnics Jihlava

Efficiency Trends in Czech Breweries: A Data Envelopment Analysis Study

The Czech brewing industry has undergone significant transformations over the past decades, with a notable impact from the COVID-19 pandemic. This study evaluates the efficiency of Czech breweries during the years 2018-2023 using Data Envelopment Analysis (DEA) models. Building upon previous research that assessed breweries' efficiency in earlier periods, this paper provides an updated analysis of production and profit efficiency within the sector. The research utilizes financial and operational data from Czech breweries to identify trends, inefficiencies, and changes in performance. DEA models, specifically input-oriented models with both constant and variable returns to scale, are employed to evaluate the efficiency of selected breweries. The study contributes to the ongoing discourse on brewery efficiency by highlighting key areas for potential improvements and providing recommendations for optimizing resource allocation in the brewing sector.

Jerzy Łukaszewicz

Miłosz Kadziński

Marcin Krueger

Poznan University of Technology

Ranking Construction Based on Crisp or Valued Outranking Relation

The outranking relation constructed by the ELECTRE or PROMETHEE methods, widely used in Multiple Criteria Decision Aiding, is intransitive. Therefore, to support the solution of ranking and choice problems, the existing approaches apply some exploitation procedures to impose order on the set of alternatives. Examples include the distillation procedures incorporated in ELECTRE III or Net Flow Score techniques encapsulated in PROMETHEE I and II. We propose novel exploitation methods for constructing complete or partial ranking. While both need to satisfy the transitivity property, the former assumes that all pairs of alternatives are comparable, while the latter tolerates incomparability relations. The proposed approaches are based on mathematical programming. They exploit either a valued relation that captures the preference degrees or a crisp relation consisting of binary statements. The methods minimize the distance between the constructed ranking and the input relation for all pairs of alternatives.

The intensity of the divergence for a given pair of alternatives depends on the nature of the two relations, input and output, in question. Alternatively, our aim can be understood as the maximization of support for the relations that are preserved in the obtained ranking. We demonstrate the use of proposed methods in illustrative case studies. We also experimentally compare their results with those returned by the state-of-the-art methods in terms of recommended ranking and choice.

Elżbieta Majewska

Uniwersytet w Białymstoku

Poziom integracji i struktura hierarchiczna europejskich rynków giełdowych w latach 2005-2024

Celem pracy jest analiza zmian poziomu integracji oraz struktury hierarchicznej rynków giełdowych w Europie w latach 2005-2024. Zastosowane zostaną metody grupowania hierarchicznego oraz minimalnych drzew rozpinających. Pozwalają one w przejrzysty sposób przedstawić strukturę zależności korelacyjnych między rynkami, wskazać grupy rynków najsilniej oraz najslabiej ze sobą powiązanych. Jest to zagadnienie istotne z punktu widzenia inwestorów, ponieważ siła zależności między rynkami może mieć wpływ na poziom korzyści osiąganych z dywersyfikacji międzynarodowych portfeli inwestycyjnych. Dodatkowo długość minimalnych drzew rozpinających wskazuje na poziom integracji badanej grupy rynków i pozwala badać zmiany jej poziomu.

W pracy przedstawimy wyniki zastosowania metody grupowania hierarchicznego oraz minimalnych drzew rozpinających do analizy współzależności między 34 europejskimi rynkami giełdowymi w okresie od stycznia 2005 roku do grudnia 2024 roku. Drzewa konstruowane będą w oparciu o korelacje między logarytmicznymi stopami zwrotu głównych indeksów giełdowych tych rynków. Prześledzimy zmiany poziomu integracji i struktury powiązań między rynkami w okresie badawczym ze szczególnym uwzględnieniem istotnych spadków na rynkach.

Adam Marszałek

Paweł Jarosz

Cracow University of Technology, ParkCash Sp. z o.o.

Dawid Kukla

Piotr Żak

Piotr Nizio

ParkCash Sp. z o.o.

Multi-Objective Optimization for Employee Carpooling: A Holistic Approach Using IMGAMO and MCDA Integration

The carpooling task, which involves sharing vehicles for transportation, has been extensively studied in both academic and commercial contexts for many years. The primary objective is to find an optimal configuration of passengers and drivers to transport as many people as possible. Various optimization criteria are defined for this task, including: Minimizing total route length or time, Maximizing the number of passengers, Minimizing operational costs, Minimizing CO₂ emissions and carbon footprint, Maximizing user safety, Minimizing deviations from the main route etc.

This task is part of the project "Development of a comprehensive IT system based on proprietary holistic models and software-hardware protocols to support decision-making processes for the use of closed parking spaces and optimize transportation sharing for office employees," undertaken by ParkCash Sp. z o.o.

The project's objective is a modified version of carpooling, focusing on transporting a company's employees to its headquarters using vehicles owned by other employees. The problem is multi-objective, requiring the identification of an appropriate configuration of vehicles and passengers. In the initial version of the algorithm developed to address this problem, two primary criteria were considered: Minimizing total travel time, Maximizing the number of passengers. Due to the conflict between these criteria, a multi-objective optimization approach was adopted. The algorithm used in this stage, IMGAMO (Immune Game Theory Multi-Objective Optimization), aimed to determine the Pareto front – a set of non-dominated solutions representing compromises between the criteria.

A key aspect of the work was designing an appropriate problem representation structure, crucial in heuristic algorithms. A simple tabular structure was proposed, where each row represents a vehicle, and the columns correspond to assigned passengers.

Since business applications require a single solution for implementation, efforts began to integrate MCDA (Multi-Criteria Decision Analysis) algorithms, such as TOPSIS, with the Pareto front. MCDA algorithms consider decision-makers' preferences to select the most suitable solutions.

Krzysztof Martyn
Magdalena Martyn
Miłosz Kadziński
Poznan University of Technology
Jiapeng Liu
Xiuwu Liao
Xi'an Jiaotong University

ScoreBin: Scoring Alternatives by Fusing a Crisp Outranking Relation and Indirect Decision Maker's Judgments

We introduce a suite of multiple criteria methods that fuse two sources of information. On the one hand, we exploit a crisp outranking relation in the set of alternatives. For each option, we analyze the outranked and outranking alternatives to compute its strength, weakness, and comprehensive quality. We propose four variants that differ in weights assigned to outranking or being outranked by particular alternatives and how to quantify the difficulty or easiness of instantiating such relations. On the other hand, we consider the Decision Makers' holistic judgments, indicating subsets of alternatives deemed as comprehensively strong or weak. We apply the proposed methods to a case study concerning the performance of technological parks in Poland. We also compare the results obtained with the novel approaches with the state-of-the-art ELECTRE methods in an extensive experiment involving simulated decision problems.

Jerzy Michnik
University of Economics in Katowice

WINGS Reformulated. Conceptualization and Hybridization

The WINGS method was developed in 2013 and has since been refined and applied to numerous decision-making problems. Recent research prompted the author to attempt a reformulation of the method's assumptions and interpretation. It can be viewed as a model for simulating the behavior of a complex social system. The simulation results can be used to forecast changes in the system's state under various conditions or as a result of different interventions. Thus, the method can assist in selecting the course of action that best meets the decision-maker's objectives. The possibility of hybridizing WINGS with other methods is also being explored.

Marzanna Poniatowicz
Paweł Konopka
Agnieszka Piekutowska
Uniwersytet w Białymstoku

**Zasady implementacji decentralizacji fiskalnej Roy'a Bahl'a w krajach OECD:
sposrozeżenia teoretyczne i dowody empiryczne**

Artykuł odnosi się do dwunastu zasad decentralizacji fiskalnej, zaproponowanych przez amerykańskiego ekonomistę Roy'a Bahl'a (Bahl's Rules for Fiscal Decentralization – BRfd), jego rekomendacji dla modelowego procesu wdrażania decentralizacji fiskalnej w państwie. Celem badania było zaproponowanie syntetycznej miary pierwszej reguły Bahla (comprehensive system of fiscal decentralisation, CSfd). Celem było również uporządkowanie obiektów, ponieważ główną ideą było poszerzenie wiedzy w dziedzinie federalizmu fiskalnego i zapewnienie praktycznych wskazówek dotyczących kształtowania polityk publicznych. W oparciu o metodę porządkowania liniowego Hellwiga opracowano dwa rankingi przy użyciu wektorowej normalizacji zmiennych i metryki euklidesowej, przydatnej, gdy przyjmuje się założenie preferencyjnej niezależności między zmiennymi, oraz przy użyciu normalizacji wektora zmiennych i metryki Mahalanobisa, przydatnej, gdy chce się założyć liniową zależność między zmiennymi. Wyniki wskazują, że najbardziej kompleksowe systemy decentralizacji fiskalnej znajdują się w Republice Słowackiej, Szwajcarii i Kanadzie (ranking H_VM), podczas gdy Kostaryka, Meksyk i Grecja zajmują najniższe pozycje. Gdy stosuje się metrykę euklidesową, liderem jest Szwajcaria, a następnie Hiszpania i Austria (ranking H_VE).

Anna Prusak
Uniwersytet Ekonomiczny w Krakowie
Dariusz Raś
Uniwersytet Papieski im. Jana Pawła II w Krakowie

**Wielokryterialne modelowanie ryzyka
związanego z obiektami dziedzictwa kulturowego**

Zgodnie z deklaracją UNESCO (1997) obecne pokolenia są odpowiedzialne za ochronę i zachowanie dziedzictwa kulturowego (materialnego i niematerialnego) i przekazywanie go następcom. Natomiast zgodnie z Ustawą z dn. 23.07.2023 o ochronie zabytków i opiece nad zabytkami ich właściciele są zobowiązani do zabezpieczenia obiektów przed uszkodzeniem lub zniszczeniem. To z kolei implikuje konieczność zdefiniowania zagrożeń, ich szczegółowych wskaźników oraz metod analizy i priorytetyzacji. Obiekty dziedzictwa kulturowego są bowiem narażone na różnego rodzaju negatywne oddziaływanie, nie tylko wynikające z zagrożeń naturalnych, takich jak trzęsienia ziemi czy pożary, ale także z różnych czynników spowodowanych przez człowieka, m.in. urbanizacja, presja rozwojowa czy ubóstwo. Celem badań jest opracowanie kompleksowego, wielokryterialnego modelu analizy ryzyka dla materialnych elementów

dziedzictwa kulturowego przy zastosowaniu m.in. analitycznego procesu hierarchicznego (AHP), jego demonstracja na przykładzie wybranych obiektów Starego Miasta Krakowa oraz implikacje dla rozwoju w kierunku automatyzacji za pomocą AI.

Natalia Przybylska-Curyl

Reality Unit

Ocena satysfakcji ze stosowania metodyki Scrum w zespołach projektowych

Celem niniejszego artykułu/referatu jest analiza poziomu satysfakcji wynikającej z zastosowania metodyki Scrum w zespołach projektowych, ze szczególnym uwzględnieniem projektów informatycznych. W badaniu zastosowano metodę ilościową, wykorzystując ankietę jako narzędzie badawcze. Ankieta umożliwiła zebranie opinii od osób bezpośrednio zaangażowanych w prace projektowe, co pozwoliło na dokładniejsze zrozumienie specyfiki omawianego problemu w konkretnych warunkach środowiskowych. Dodatkowo przeprowadzono przegląd literatury przedmiotu, który stanowił podstawę teoretyczną analizy. Wyniki badania ankietowego wskazują, że metodyka Scrum jest wysoko oceniana przez większość członków zespołów projektowych, niezależnie od pełnionych przez nich ról. Podkreślono, że stosowanie Scrum umożliwia lepszą organizację pracy, co bezpośrednio przekłada się na zwiększenie skuteczności realizacji celów projektowych. Szczególnie pozytywnie oceniono organizację i realizację wydarzeń scrumowych, które zostały uznane za istotny czynnik usprawniający pracę zespołów. Respondenci zwrócili również uwagę na większą skuteczność pracy realizowanej w ramach sprintów w porównaniu z pracą prowadzoną bez zastosowania tej struktury. Elastyczność, będąca kluczowym elementem metodyki Scrum, pozwala na szybkie dostosowywanie się do dynamicznie zmieniających się potrzeb klienta, przy jednoczesnym zachowaniu zgodności z pierwotnie określonym harmonogramem i budżetem projektu. Zarządzanie projektami informatycznymi, charakteryzującymi się dużą zmiennością wymagań biznesowych, z wykorzystaniem metodyki Scrum, umożliwia efektywną adaptację tworzonych rozwiązań. W rezultacie wzrasta poziom satysfakcji klienta, co może przyczynić się do pomyślnego zakończenia projektu. Podsumowując, wyniki przeprowadzonej analizy wskazują, że zastosowanie metodyki Scrum w zarządzaniu projektami, zwłaszcza w branży informatycznej, pozytywnie wpływa na skuteczność zespołów projektowych i sprzyja osiągnięciu założonych celów projektowych.

Agnieszka Przybylska-Mazur

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

Znaczenie policy mix w podejmowaniu optymalnych decyzji polityki pieniężnej i fiskalnej

Polityka pieniężna i fiskalna są prowadzone przez różne instytucje, co może prowadzić do trudności w osiągnięciu celów makroekonomicznych, takich jak np., stabilność cen, stabilność finansów publicznych i wzrost gospodarczy. W związku z tym warto zbadać znaczenie policy mix odnoszące się do połączenia polityki pieniężnej i polityki fiskalnej w celu osiągnięcia określonych celów makroekonomicznych.

Celem badań jest wyznaczenie optymalnych decyzji polityki pieniężnej i fiskalnej na podstawie modelu polityki pieniężnej i modelu polityki fiskalnej, jak również na podstawie modelu zawierającego policy mix, czyli modelu uwzględniającego koordynację polityki pieniężnej i fiskalnej. Do wyznaczenia rozwiązania zaprezentowanych modeli zostaną wykorzystane metody optymalizacji dynamicznej.

Wyniki analiz empirycznych podano dla Polski wyznaczając optymalne wartości stopy procentowej i relacji salda do PKB, których efektem będą stabilne ceny, stabilna relacja długu do PKB i założona dynamika PKB. Zauważono, że policy mix jest kluczowym elementem skutecznego zarządzania gospodarką, pomagając uniknąć sprzecznych działań i zwiększyć efektywność polityki pieniężnej i fiskalnej.

Ewa Roszkowska

Politechnika Białostocka

Tomasz Wachowicz

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

Ocena subiektywnej jakości życia mieszkańców miast europejskich z wykorzystaniem metody B-TOPSIS

W pracy przedstawimy autorską adaptację metody B-TOPSIS (Belief Structure TOPSIS), dostosowaną do analizy i interpretacji danych ankietowych ze szczególnym uwzględnieniem braków lub odmowy odpowiedzi. Metodę tę zastosujemy do wypracowania zagregowanej oceny subiektywnej jakości życia mieszkańców 83 miast europejskich, korzystając z wyników badań ankietowych przeprowadzonych w 2023 roku przez IPSOS na zlecenie Komisji Europejskiej. W badaniu tym respondenci oceniali poziom zadowolenia z różnych aspektów życia miejskiego, takich jak: transport publiczny, opieka zdrowotna, infrastruktura sportowa, kulturalna i edukacyjna, tereny zielone, przestrzeń publiczna, jakość powietrza, klimat akustyczny oraz czystość w mieście. W swojej ocenie respondenci wykorzystywali czterostopniową, lingwistyczną skalę oceny (bardzo niezadowolony, raczej niezadowolony, raczej zadowolony, bardzo zadowolony) z dodatkową opcją „nie wiem/brak odpowiedzi/ odmowa odpowiedzi”. Proponując implementację B-TOPSIS, zaproponujemy skojarzenie tej skali odpowiedzi ze stosowną funkcją oceny (użyteczności). Przeprowadzimy również analizę wrażliwości,

aby ocenić stabilność rankingów uzyskanych metodą B-TOPSIS przy różnych parametrach tej funkcji użyteczności. Wskażemy także zalety i ograniczenia B-TOPSIS w porównaniu z innymi metodami wielokryterialnymi, analizując ich skuteczność w kontekście złożonych danych ankietowych. Zrealizowane badania ujawniają znaczące różnice w postrzeganej jakości życia w miastach europejskich – zarówno między miastami, jak i w obrębie poszczególnych krajów. Jednocześnie zaproponowana metoda oceny pozwala na uzyskanie stabilnych rekomendacji dotyczących ocen globalnych: najwyższe oceny uzyskały Zurych i Groningen, podczas gdy Tirana, Skopje i Palermo znalazły się na końcu rankingu.

Roszkowska, Ewa; Wachowicz, Tomasz, Smart Cities and Resident Well-Being: Using the BTOPSIS Method to Assess Citizen Life Satisfaction in European Cities, Applied Sciences (2076-3417), 2024, Vol 14, Issue 23, p. 11051

Wojciech Sałabun

Instytut Łączności Państwowy Instytut Badawczy

Recent Advances in the Development of MCDA Methods and Tools

Identifying the relevance of criteria in multi-criteria decision analysis (MCDA) can be challenging, especially when relying on expert opinions. To address this issue, the RANKing COMparison (RANCOM) method proposes a simple, ranking-based approach to derive criteria weights. RANCOM has demonstrated high usability, particularly in problems with five or more criteria. Meanwhile, the ESP-COMET method introduces the Expected Solution Point (ESP) concept into the Characteristic Objects Method (COMET), enabling more personalized decision-making. By defining one or more ESPs, ESP-COMET adapts to individual preferences and outperforms comparable methods like Stable Preference Ordering Towards Ideal Solution (SPOTIS) and the Reference Ideal Method (RIM) in accommodating user-specific needs.

Alongside these methodological advances, modern open-source libraries—including pymcdm, pyrepo-mcda, pyFDM, pyIFDM, pySensMCDA, and pymcdm-reidentify—enhance the computational efficiency and applicability of MCDA methods. These tools, unified under the make-decision.it umbrella project, provide support for sensitivity analysis, fuzzy and interval-based evaluations, and reidentification of MCDA models to ensure decision-making robustness.

Markéta Šindlerová

František Zapletal

Technical University of Ostrava

Miroslav Hudec

University of Economics in Bratislava

Weighting Criteria in Decision Models: Approaches Considering Fuzzy Functional Dependencies

The paper focuses on the development and evaluation of two approaches for determining criterion weights in multi-criteria decision analysis, considering asymmetric fuzzy dependencies between criteria. Traditional methods often assume symmetrical relationships between criteria, which can lead to inaccuracies in decision-making processes. This research addresses the challenge by incorporating fuzzy functional dependencies (FFDs), which reflect the potential asymmetry in the influence that one criterion exerts over another.

The first proposed approach involves a formula that ensures the weight of a criterion pair is never lower than the individual weight of either criterion. It adjusts the pairwise weight based on the strength of the fuzzy dependencies, with stronger dependencies leading to minimal increases in weight and weaker dependencies resulting in larger adjustments.

The second approach classifies criterion pairs into four quadrants based on the strength of their mutual dependencies and applies different adjustment formulas accordingly. This approach demonstrates greater sensitivity to variations in FFDs, particularly in extreme cases involving absolute or null dependencies.

Both approaches were tested on a set of data with predefined fuzzy dependencies, including extreme cases.

Andrzej M.J. Skulimowski

AGH University of Science and Technology in Krakow

Anticipatory Coordination Approach to Solving Multicriteria Multi-Robot Task Allocation and Path Planning Problems

Multi-Robot Task Allocation and Path Planning (MRTA-MRPP) is a key problem in autonomous mobile robotics. It involves the autonomous selection of tasks, followed by the determination of optimal paths and efficient deployment of robot teams. The multicriteria extension of MRTA-MRPP problems is particularly relevant for highly autonomous robots operating in unknown or uncertain environments, where efficiency criteria compete with safety and risk, and decision-making autonomy relies on choosing a non-dominated solution. In this context, we apply the 4-level decision autonomy scale introduced by Skulimowski (2011). Other dimensions of autonomy, such as energy self-supply, self-learning, and self-healing, are also considered. Task allocation can be based on mutual agreements between robots in a self-organized cooperation mode, or tasks may

be assigned by a coordination unit, which could be either a human or an AI-based decision system. Specifically, this paper focuses on the virtual coordination mode, where any robot team member can temporarily assume the role of coordinator and subsequently pass this function to another robot, based on overall team-efficiency conditions. This mode can be effectively implemented using anticipatory coordination principles, which model robot teams as timed anticipatory networks, cf. Skulimowski (2014, 2024), Skulimowski et al. (2023).

This article builds on earlier studies modeling multicriteria decision processes in multi-robot teams performing tasks such as inspection or fruit picking. The current research is motivated by the increasing need for autonomy in space exploration mission planning, especially for missions beyond the Mars orbit. The long communication delays with human operators make remote control impractical or inefficient. In the context of space research, studying multicriteria decision autonomy is crucial due to the complexity of planned astrobiological exploration of icy moons, including their subsurface water reservoirs.

We will discuss recent progress in AI, machine learning (ML), and multicriteria decision-making (MCDM) for autonomous planetary surface robot teams. Additionally, we present new concepts for multi-level robot decision-making and learning autonomy, which address MRTA-MRPP problems. A novel approach to anticipatory coordination of robot teams, combined with multicriteria model-based reinforcement learning (MBRL), is proposed. Furthermore, we introduce a new method for transforming probabilistic risk superposition along a rover's path into an additive form, enabling effective application of classical multicriteria shortest path algorithms to MRPP problem solving with criteria such as accrued risk, travel time, and expected scientific benefits.

Finally, we illustrate the application of these decision models in a concept study for a multi-robot mission exploring the surface of a Jupiter's moon Europa. A numerical example demonstrates practical techniques for planning navigation strategies, such as obstacle traversal or avoidance, on Europa's rugged terrain. In conclusion, we argue that a multi-rover mission offers the best compromise in terms of mission resilience to threats in unknown environments, expected scientific performance, and overall mission cost.

References:

1. Skulimowski, A.M.J.: Freedom of choice and creativity in multicriteria decision making. In *Knowledge, Information, and Creativity Support Systems. Lecture Notes in Computer Science 6746*, pp. 190-203, Springer (2011). doi: 10.1007/978-3-642-24788-0_18.
2. Skulimowski, A.M.J.: Anticipatory Cooperation Principles for Autonomous Space Exploratory Rovers. In: A. Kołodziejczyk et al. (eds), *Selected Proceedings of the 6th Space Resources Conference. SRC 2023. Springer Aerospace Technology. Springer, Cham*, pp. 171-195 (2024). doi: 10.1007/978-3-031-53610-6_16.
3. Skulimowski, A.M.J., Badecka, I., Karimi, M., Łydek, P., Pukocz, P.: Recent Advances in Artificial Autonomous Decision Systems and Their Applications. In: Pawelczyk, M., Bismor, D., Ogonowski, S., Kacprzyk, J. (eds), *Advanced, Contemporary Control. PCC 2023. Lecture Notes in Networks and Systems 708*, pp. 145-157, Springer, Cham (2023). doi: 10.1007/978-3-031-35170-9_14.

Tomasz Starczewski

Czestochowa University of Technology

Paweł Tadeusz Kazibudzki

Opole University of Technology

Simulation Analysis of Inconsistency in Specific Types of Pairwise Comparison Matrices

Pairwise Comparison Matrix (PCM) is used in Multicriteria Decision Making Methods (MCDM), especially in popular, widely known Analytic Hierarchy Process (AHP). This matrices are created on the basis of Decision Maker opinions about his/her priority ratios. However, this matrices may contain errors or inaccuracies. Therefore, the consistency of data in PCMs is verified to determine their usefulness. In turn, a threshold of inconsistency is calculated on the basis of randomly generated PCMs. However, the matrices given by DMs are not random – they are usually transitive at least. On the other hand, perfect PCMs may be inconsistent, because of limitation of the numbers used to comparisons. In my presentation, I compare inconsistency indices values for three types of PCMs – perfect matrices (not consistent because of rounding), transitive matrices and pure random matrices. The third type is especially important for the sake of obtaining inconsistency thresholds. The obtained results allow us to see significance of transitivity condition for matrices consistency and to assess usefulness of consistency thresholds used in AHP.

Józef Stawicki

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

Jakiej matematyki potrzebuje Austriacka Szkoła Ekonomii

Referat jest wstępnym rozważaniem dotyczącym zastosowań matematyki w teoriach oraz praktyce ekonomistów przyznających się do Austriackiej Szkoły Ekonomii. Negując klasyczną szkołę ekonomii, uczeni ci odrzucali także możliwość wykorzystania matematyki i logiki formalnej. Podjęta zostanie próba wyjaśnienia czy nowe teorie matematyczne bazujące na modelach wieloagentowych oraz najnowsze modele wspomaganie decyzji są do przyjęcia przez ASE. Także podjęta zostanie próba porównania pojęcia preferencji wg klasycznej szkoły ekonomii i austriackiej szkoły ekonomii.

Marek Szopa

Anna Gorczyca-Goraj

Krzysztof Grzanka

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

Piotr Frąckiewicz

Uniwersytet Pomorski w Słupsku

Paretooptimalizacja interaktywnych decyzji z wykorzystaniem gier kwantowych

W klasycznej teorii gier decyzje strategiczne podejmowane przez racjonalnych graczy często prowadzą do równowagi Nasha, która jednak nie zawsze jest Pareto-optymalna. Oznacza to, że dążenie do indywidualnego zysku przez uczestników gry niekoniecznie skutkuje rozwiązaniem korzystnym dla wszystkich stron. W niniejszym wystąpieniu przedstawiamy zastosowanie teorii gier kwantowych jako narzędzia umożliwiającego poprawę efektywności decyzji strategicznych w interaktywnych systemach decyzyjnych.

Analizujemy klasyczne dylematy decyzyjne, takie jak dylemat więźnia, gra w kurczaka czy bitwa płci, badając ich rozszerzenia kwantowe w formalizmie Eiserta-Wilkensa-Lewensteina (EWL) oraz ich parametryzację według Frąckiewicza i Pykacza. Pokazujemy, że wprowadzenie strategii kwantowych, szczególnie mieszanych strategii opartych na operatorach Pauliego, prowadzi do znalezienia nowych punktów równowagi, które są bliższe rozwiązaniom Pareto-optymalnym niż ich klasyczne odpowiedniki.

Kluczowym elementem analizowanych modeli jest zastosowanie mechanizmów kwantowej losowości oraz splątania jako naturalnych narzędzi do korelowania decyzji graczy. W przeciwieństwie do klasycznych korelowanych równowag, wymagających zewnętrznego i podatnego na manipulację urządzenia, strategia kwantowa pozwala na implementację optymalizacji w sposób odporny na manipulacje i zgodny z zasadami mechaniki kwantowej.

Nasze badania wskazują, że gry kwantowe mogą znaleźć praktyczne zastosowania w optymalizacji procesów negocjacyjnych, podejmowaniu decyzji w systemach rozproszonych oraz w projektowaniu mechanizmów alokacji zasobów. W perspektywie implementacyjnej, rozwój technologii komputerów kwantowych pozwala przewidywać możliwość praktycznego wdrożenia strategii kwantowych w rzeczywistych systemach interakcji strategicznych.

Zbigniew Świtalski

Uniwersytet Zielonogórski

Reguły zgodności bazujące na przechodniości dla przedziałowych relacji preferencji

Relacje przedziałowe służą do budowania modeli preferencji, uwzględniających niepewność, nieokreśloność czy też niedokładność preferencji rzeczywistych decydentów (zob. [3]). Modele takie często są wykorzystywane w systemach

wspomagania decyzji i w systemach sztucznej inteligencji. Kluczowym problemem przy ich tworzeniu i zastosowaniu jest zdefiniowanie odpowiednich reguł zgodności adekwatnych do sytuacji, w której wykorzystujemy dany model. Reguła zgodności mówi o tym, jakie relacje w danej sytuacji mogą być uznane za „zgodne” (tzn. spełniające pewne, z góry zadane, warunki racjonalności lub niesprzeczności), a jakie powinny być uznane za niezgodne. W literaturze zdefiniowano wiele różnych reguł zgodności (ich przegląd podany jest w pracach [1] i [2]), ale tylko niektóre z nich posiadają „dobre” własności, o czym mówiłem na poprzedniej konferencji MPaR'23 ([4]).

W prezentacji na tegorocznej konferencji przedstawiam i analizuję reguły zgodności dla relacji przedziałowych wykorzystujące standardowy warunek przechodniości, a także pokazuję, że posiadają one wszystkie własności, o których była mowa w moim referacie na poprzedniej konferencji.

Źródła:

[1] J. Krejčí, On additive consistency of interval fuzzy preference relations, *Computers and Industrial Engineering* 107 (2017), 128-140.

[2] Z. Świtalski, General consistency conditions for fuzzy interval-valued preference relations, *Fuzzy Sets and Systems* 443A(2022), 137-159.

[3] Z. Świtalski, Relacje przedziałowe jako modele preferencji, W: *Modelowanie preferencji a ryzyko '19-'20* (2020), red. T. Trzaskalik, K. S. Targiel, Wydawnictwo UE Katowice, s. 77-93.

[4] Z. Świtalski, prezentacja na konferencji MpaR'23

Grzegorz Tarczyński

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

Wybrane problemy optymalizacji składowania rozproszonego w magazynach z ręczną kompletacją towarów

Szybka kompletacja zamówień w magazynach nabiera w obecnych czasach coraz większego znaczenia, ponieważ współczesny handel, szczególnie e-commerce, wymaga błyskawicznej realizacji zamówień, by sprostać oczekiwaniom klientów. Konsumenci przyzwyczaili się do szybkich dostaw, co wpływa na ich lojalność wobec dostawcy i wobec marki. Z tego względu menadżerowie przykładają dużą uwagę do takiego składowania towarów w magazynie, które umożliwi szybką i bezbłędną kompletację zamówień. Można to osiągnąć m.in. za pomocą optymalizacji rozproszonego składowania towarów uwzględniającego korelację między nimi.

W prezentacji przedstawione zostaną znane z literatury modele programowania liniowego pozwalające na wyznaczenie wielu lokalizacji dla towaru, oparte na koncepcji częstości współwystępowania (korelacji) par towarów na zamówieniach. Zaprezentowane zostaną pewne rozwiązania problemów zasygnalizowanych przez autora na konferencji MZBO 2024 i omówiony zostanie wpływ modyfikacji funkcji kryterium na czas i jakość uzyskiwanych rozwiązań.

Krzysztof S. Targiel

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

Zmienność rynkowej ceny energii elektrycznej

Rynek Dnia Następnego funkcjonujący w Polsce od 2000 roku, będący rynkiem spot dla energii elektrycznej skutkował pojawieniem się takich obiektów jak Rynkowa Cena Energii (RCE). Zgodnie z Ustawą o odnawialnych źródłach energii jest to ważona wolumenem obrotu średnia z cen energii elektrycznej określonych dla polskiego obszaru rynkowego. Obecnie notowana jest w interwałach godzinnych. W jej przebiegach obserwujemy ceny ujemne. Rodzi to problem odmiennego od obserwowanego na rynku akcji zdefiniowania parametru zmienność. Jego znaczenie jest dość istotne z punktu widzenia możliwości tworzenia instrumentów pochodnych.

Praca przedstawia analizy przebiegów Rynkowej Ceny Energii (RCE). Podejmuje także próby nowego zdefiniowania parametru zmienności odpowiadającego na specyfikę rynku energii elektrycznej.

Michał Tomczyk

Miłosz Kadziński

Poznan University of Technology

Evolutionary Algorithms for Solving Single- and Multiple-Objective Political Redistricting Problems: The Case Study of Poland

We propose novel evolutionary algorithms for solving single- and multi-objective political redistricting problems. The objectives include population equality, compactness of districts, deviation from the current districting, and an expected number of mandates attainable by some parties. The former two ensure the constructed solutions are reasonable, while the latter pair is meaningful for the post-analysis on how the alternation of existing districts may affect election outcomes. We operate on data concerning geography, demography, and politics in Poland. The experiments reveal that our algorithms efficiently handle the four-objective variant of the problem. In a single test run, we evaluate around one million solutions in nearly two hours on an average class computer, which is satisfactory given the problem's complexity. The methods construct high-quality non-dominated solutions, outperforming the current districting and revealing the trade-offs between the objectives. The post-analysis allows us to observe connections between the expected number of mandates and the remaining three objectives. Specifically, attaining a greater number of mandates requires more significant changes in delineating the districts and potential violations of constraints. We also exhibit that the space for possible political manipulations increases when more districts can be determined.

Tadeusz Trzaskalik

University of Economics in Katowice

Saaty's Scale Application to Multistage Bipolar Method

Multistage Bipolar Method (MBM) considered in the presentation deals with multistage decision processes. Multistage alternatives are not compared directly to each other, but confronted with the stage sets of reference objects – desirable and non-acceptable. The aim of the presentation is to discuss some proposals for including verbal comparisons, characteristic of the widely used AHP method, into the previously proposed procedure in MBM. In all these proposals, we propose to use Saaty's scale to compare decision alternatives and reference objects.

Tomasz Wachowicz

University of Economics in Katowice

Ewa Roszkowska

Bialystok University Of Technology

Believe Structure in New TOPSIS-Based Approach for Rank Aggregation Problem-Solving

This paper introduces a novel methodology, RA-TOPSIS (Rank Aggregation TOPSIS), based on the B-TOPSIS (Belief Structure TOPSIS) approach, for solving the rank aggregation problem, which involves combining individual rankings from multiple decision-makers into a single, collective ranking. The methodology integrates a belief structure model to quantify the decision-makers evaluations and employs a utility-based similarity measure to assess the proximity of alternatives to ideal solutions. In this approach, decision-makers are assigned weights that reflect their expertise or influence, enabling a weighted aggregation of preferences. The utility function is designed to account for the varying significance of positions in the evaluated rankings, ensuring that the importance of each ranked position is adequately reflected in the final consensus.

RA-TOPSIS addresses rank aggregation challenges by balancing the influence of decision-makers based on their expertise, ensuring that the utility of each ranked position is properly incorporated into the final consensus ranking. It also offers the advantages of computational simplicity and intuitive interpretation, making it straightforward to explain and apply in practice. These qualities position the method as a viable alternative to more advanced and computationally complex optimization rank aggregation models. The proposed methodology is validated through numerical examples, demonstrating its potential to deliver more accurate and reliable solutions compared to traditional aggregation methods. The results highlight the effectiveness of RA-TOPSIS in addressing complex rank aggregation problems across diverse decision-making contexts.

Tomasz Witkowski

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

Augmenting Technical Indicators with Reinforcement Learning

This paper presents a novel approach to enhancing traditional technical analysis methods with reinforcement learning-based optimization. Rather than developing a reinforcement learning agent independently, we propose applying it as a recurrent correction to the moving average (MA), dynamically adapting to market conditions to maximize the Sharpe Ratio (SR). Using financial market data, we demonstrate that this augmented MA can achieve a higher SR on the testing set compared to a regular MA by incorporating information about the current market position and previous values of the technical indicator. The findings contribute to the integration of machine learning with classical financial methods, offering a practical application of machine learning optimization in finance.

Sebastian Zając

Szkoła Główna Handlowa w Warszawie

Kwantowe sieci neuronowe jako modele ryzyka kredytowego

Postęp technologiczny w modelowaniu ryzyka kredytowego opartym na dużych zbiorach danych tradycyjnie bazuje na zwiększaniu dostępnych zasobów obliczeniowych, między innymi dzięki wykorzystaniu rozwiązań chmurowych. Jednocześnie intensywnie poszukuje się bardziej efektywnych metod obliczeniowych, takich jak miniaturyzacja tranzystorów. Jednak dalsza miniaturyzacja napotyka fundamentalne ograniczenia wynikające z praw fizyki kwantowej, które ujawniają się w skali nanometrycznej.

W odpowiedzi na te wyzwania komputery kwantowe otwierają nowe możliwości w modelowaniu ryzyka kredytowego. Dzięki wykorzystaniu zjawisk takich jak superpozycja i splątanie kwantowe, oferują potencjał znaczącego przyspieszenia obliczeń w stosunku do technologii klasycznych.

Pomimo że współczesne komputery kwantowe pozostają na etapie rozwoju inżynierskiego, już teraz znajdują zastosowanie w tworzeniu algorytmów do rozwiązywania zadań optymalizacyjnych oraz budowy modeli uczenia maszynowego. W niniejszej prezentacji przedstawię porównanie kwantowych i klasycznych sieci neuronowych stosowanych do klasyfikacji danych. Omówię również hybrydowe podejście, które integruje klasyczne wyszukiwanie parametrów modelu wraz z parametryzacją kwantowych obwodów.

Kazimierz Zaras

University of Quebec

Jean-Charles Marin

Cedar Stratégies and Training Inc.

Bryan Trudel

University of Quebec

Similarities and Differences Between the Development Strategies of Poland and Canada Compared to the European Union Countries

The use of the dominance-based rough set approach (DRSA) to help identify and prioritize strategic political, economic, sociological and technological (PEST) objectives for European Union (EU) countries is presented. The countries are first grouped into three categories: [A] those that are doing well according to the selected indicators; [B] those that need support to acquire category A status; [C] those ranked the lowest and needing special support with regard to the criteria considered. The categories correspond to tertiles within the average ranking of all EU countries. DRSA then provides decision rules based on PEST needs in order to improve the development and classification of the country. We conclude that by using this methodology, the EU could identify the strategic objectives to be given priority in order to stimulate its economic development or to improve the economic and sociological status of any country in the union. The cases of Canada and Poland are of particular interest because Canada's trade turnover is dominated by exchange with the United States (US) and is currently threatened by the protectionist policy of America. In connection with this, there is increasingly talk of diversifying this exchange by joining the European Union (EU). In this intention, Poland could play an important role.