



# Metody i Zastosowania Badań Operacyjnych 2024

Zieleniec, 13-15 października 2024

STRESZCZENIA

**Marcin Anholcer**

Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

***O różnych spojrzeniach na problem sprawiedliwego podziału***

Kiedy podział zbioru dóbr pomiędzy pewną grupę osób można nazwać sprawiedliwym? Jakie kryteria mogą mierzyć sprawiedliwość podziału? Jakie mechanizmy można zastosować, aby podział był sprawiedliwy? Na te (i nie tylko) pytania postaram się odpowiedzieć w trakcie referatu, omawiając wybrane historyczne podejścia do sprawiedliwego podziału, najnowsze wyniki oraz możliwe dalsze kierunki badań, w szczególności w kontekście podziału zbioru dóbr niepodzielnych w warunkach niepełnej informacji.

**Maciej Bartkowiak**

Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

***Wybrane kryteria jakości sprawiedliwego podziału zbioru dóbr.***

Sprawiedliwy podział, dystrybucja oraz alokacja dóbr i ograniczonych zasobów to jedno z fundamentalnych zagadnień nauk społecznych. Problem sprawiedliwego podziału dóbr niepodzielnych stanowi aktywnie rozwijające się pole zarówno z perspektywy ekonomistów, jak i matematyków (a także specjalistów w dziedzinie sztucznej inteligencji, socjologów). Wystąpienie ma na celu kompleksowe przedstawienie, jak różne kryteria sprawiedliwości, takie jak Wolność od Zazdrości (Envy-Freeness), Proporcjonalność oraz ich relaksacje, mogą być skutecznie wdrażane w różnych kontekstach. Wykorzystując przykłady z literatury pragniemy podkreślić znaczenie przejrzystych, matematycznie uzasadnionych mechanizmów alokacji, które wzbudzają zaufanie i akceptację wśród wszystkich stron zaangażowanych w proces podziału, zwłaszcza w warunkach ograniczonego zaufania instytucjonalnego. Przedstawiamy również nową perspektywę, która oferuje potencjał do generowania interesujących wyników.

**Michał Bernardelli**

Szkoła Główna Handlowa w Warszawie

***Optymalizacja zarządzania lotniskiem poprzez minimalizację ryzykownych połączeń lotniczych***

Podstawowym wyzwaniem w zarządzaniu połączeniami lotniczymi jest umiejętność konstrukcji rozkładu połączeń, który jest odporny na występujące opóźnienia lotów, pozwala na unikanie wąskich gardeł przy przemieszczaniu się pasażerów po lotnisku, ale przede wszystkim daje możliwość na przesiadkę pomiędzy lotami. Ryzyko braku możliwości skorzystania z lotów przesiadkowych może wynikać zarówno ze złego oszacowania czasu niezbędnego na przejście pomiędzy bramkami, opóźnień przylotów czy zdarzeń czysto losowych. Jednym z powodów może być jednak również złe rozplanowanie przydziału lotów do bramek na lotnisku, zwiększające odległość, którą muszą pokonać pasażerowie skomunikowanych lotów. Przy połączeniach, które są zagrożone z punktu widzenia krótkiego czasu przewidzianego na przesiadkę, istotną kwestią jest mitygacja ryzyka np. poprzez zapewnienie przesiadającym się pasażerom możliwie małej odległości do pokonania pomiędzy bramką samolotu przylatującego a bramką samolotu, na który pasażerowie chcą się przesiąść. Ideowo proste zadanie, przestaje wydawać się trywialnym, jeżeli weźmiemy pod uwagę nie tylko mnogość połączeń, ale także ograniczenia infrastrukturalne, a przede wszystkim fakt, iż z jednego samolotu pasażerowie mogą przesiadać się do więcej niż jednego samolotu. Co więcej, lotniska mają często więcej niż jeden terminal i mogą być rozległe powierzchniowo, a na aktualny obraz sytuacji

wpływają w dużym stopniu ograniczenia zewnętrzne, w postaci chociażby nałożenia się wielu lotów w ograniczonej przestrzeni i związany z tym większy ruch pasażerów, a tym samym utrudnione ich przemieszczanie się. Stąd nawet wyznaczenie orientacyjnego czasu przejścia pomiędzy dwoma punktami lotniska jest obarczone dużym błędem.

Celem artykułu jest przedstawienie propozycji metody znajdowania przybliżonego rozkładu połączeń lotniczych, który będzie optymalizował przypisania bramek do każdego lotu w taki sposób, aby minimalizować liczbę ryzykownych połączeń lotniczych. Przez ryzykowne połączenie rozumiana jest sytuacja, w której pasażerowie danego lotu nie są w stanie zdążyć na lot przesiadkowy. Proponowane podejście może być stosowane zarówno w horyzoncie operacyjnym (liczonym w dniach i godzinach przed realizacją połączenia lotniczego), jak również w horyzoncie taktycznym (na kilka miesięcy przed realizacją połączenia lotniczego). Zadanie optymalizacyjne ogranicza się do przydziału odpowiednich bramek do lotów, bez ingerencji w czasy przylotów i odlotów. Funkcję celu można za łatwością rozszerzyć o dowolne aspekty związane ze specyfiką konkretnego lotniska lub preferencjami personelu zarządzającego, np. uwzględnić priorytety przypisywane typom lotów (krajowe, międzynarodowe), liniom lotniczym, destynacjom lotów lub klasom pasażerów.

Integralną częścią artykułu jest nie tylko przedstawienie założeń konstrukcji rozkładu lotów związanych m.in. z infrastrukturą lotniska oraz dostępnymi danymi będącymi w posiadaniu lotniska (które nie muszą być tożsame z danymi dostępnymi dla linii lotniczych), matematyczne sformułowanie rozwiązania zagadnienia w terminach liniowej optymalizacji całkowitoliczbowej oraz podanie zachłannej metody wykorzystującej zagadnienie optymalizujące do rozwiązywania podzadań. Artykuł wzbogacono o starannie dobrane przykłady obrazujące poszczególne etapy proponowanego podejścia, jak również wyniki symulacji komputerowych dla większego zbioru lotów.

**Milena Bieniek**

Uniwersytet Marii Curie-Skłodowskiej w Lublinie

### ***Optymalne decyzje w kontraktach łańcucha dostaw***

W referacie podejmuje się narastający problem zwrotów, m.in. w branży elektronicznej, odzieżowej, obuwniczej, akcesoriów, artykułów gospodarstwa domowego. Stosując podejście teorii gier, proponuje się strategię optymalizacji decyzji dotyczących cen i zamówień w ramach kontraktów w łańcuchu dostaw pomiędzy producentami a detalistami. Analiza obejmuje kontrakty dotyczące podziału przychodów i kosztów zwrotów, w połączeniu z różnymi strategiami zarządzania zwrotami w zależności od podmiotu obsługującego zwroty. Badanie uwzględnia dwa modele popytu konsumenckiego: addytywny i multiplikatywny, co skutkuje opracowaniem ośmiu odrębnych scenariuszy kontraktowych. Każdy scenariusz obejmuje grę Stackelberga pomiędzy producentem-liderem a detalistą-następcą. Dla tych modeli wyprowadzone są optymalne rozwiązania. Ponadto udowadnia się, że koordynacja łańcucha dostaw jest osiągalna poprzez podział kosztów obsługi zwrotów pomiędzy aktorami łańcucha dostaw. Wyniki teoretyczne są poparte analizami numerycznymi.

**Krzysztof Dmytrów**  
Uniwersytet Szczeciński

***Modyfikacja wielokryterialnej metody wyboru lokalizacji zapewniająca pełną realizację wybranej strategii***

W przechowywaniu współdzielonym (gdzie każdy towar może być przechowywany w wielu lokalizacjach) problem wyboru lokalizacji podczas kompletacji towarów jest istotnym zagadnieniem. W literaturze można spotkać kilka możliwych strategii wyboru lokalizacji w przechowywaniu współdzielonym. Można je realizować stosując metody wielokryterialnego podejmowania decyzji takie, jak TOPSIS, COPRAS, czy metoda Hellwiga, nadając odpowiednim kryteriom duże wagi. W badaniu rozpatrzono strategię wyboru lokalizacji „regulacja ilości”, która preferuje lokalizacje z jak największym (najlepiej pełnym) pokryciem zapotrzebowania na towar w zleceniu. Dotychczasowe badania wskazują, że nie zawsze nadanie kryterium opisującym stopień realizacji zapotrzebowania wagi powodującej jego dominację na innymi kryteriami powoduje wybór tej lokalizacji, w której jest ono pokryte w całości. Często są sytuacje, gdy pierwsze miejsce w rankingu zajmuje lokalizacja, w której pokrycie zapotrzebowania jest wysokie (na przykład w 90%), ale nie pełne, a lokalizacja zapewniająca pokrycie zapotrzebowania w całości zajmuje dalsze miejsca. Wystąpi wówczas konieczność odwiedzenia dwóch lokalizacji, aby skompletować dany towar podczas, gdy wystarczyłoby odwiedzenie innej pojedynczej. Celem badania jest modyfikacja metody COPRAS (Complex PROportional ASsessment), aby zagwarantować, że pierwsze miejsce w rankingu lokalizacji zawsze zajmie najwyżej położona w rankingu lokalizacja z pełnym zaspokojeniem zapotrzebowania (o ile taka istnieje). Badanie przeprowadzono na przykładzie jednoblokowego, prostokątnego magazynu typu „człowiek do towaru”. Założono losowy porządek przechowywania, a trasę magazyniera wyznaczono za pomocą metody s-shape. Przeprowadzone badanie wykazało, że modyfikacja metody COPRAS zapewniła pełną realizację strategii „regulacja ilości”, dzięki czemu zmalała przeciętna liczba lokalizacji do odwiedzenia przez magazyniera, a co za tym idzie, przeciętna długość pokonywanej przez niego drogi i czas kompletacji w porównaniu z realizacją tej strategii bez modyfikacji metody COPRAS.

**Marzena Filipowicz-Chomko**  
Politechnika Białostocka

**Ewa Roszkowska**  
Politechnika Białostocka

***Wykorzystanie lingwistycznej metody wielokryterialnej opartej na mierze GDM2 do oceny ofert negocjacyjnych***

Celem pracy jest prezentacja narzędzia zaprojektowanego do lingwistycznej oceny i porządkowania ofert negocjacyjnych. Proponowane narzędzie wykorzystuje wielokryterialną metodę opartą na koncepcji odległości od ideału, łącząc ocenę lingwistyczną ze skalą porządkową. Miara GDM2 zostanie wykorzystana do pomiaru odległości między wartościami opcji reprezentowanymi na skali porządkowej. Ważną zaletą tej metody jest operowanie językiem naturalnym do oceny ofert negocjacyjnych, co umożliwi uwzględnienie subiektywności, nieprecyzyjności i niepewności w ocenie ofert przez negocjatora. Ponadto włączenie do analizy ideału, reprezentowanego przez najwyższą ocenę lingwistyczną, zapobiega problemowi braku zgodności rankingów przy ocenie nowych ofert (tzw. rank reversal). Niniejsza propozycja jest alternatywą dla lingwistycznej oceny ofert negocjacyjnych, gdzie oceny lingwistyczne są reprezentowane za pomocą zbiorów rozmytych. Proponowane podejście jest proste do wdrożenia w systemie wsparcia negocjacji i może być z

powodzeniem wykorzystywane w różnych scenariuszach negocjacyjnych. Przykład oparty na negocjacjach elektronicznych w systemie Inspire, pokaże użyteczność proponowanego podejścia do oceny ofert negocjacyjnych.

Słowa kluczowe: wielokryterialne podejmowanie decyzji; analiza preferencji; lingwistyczna ocena ofert negocjacyjnych; system wspomagania negocjacji

Niniejsze badanie zostało sfinansowane z projektu naukowego Politechniki Białostockiej (WZ/WI-IIT/2/2022).

**Helena Gaspars-Wieloch**

Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

***AHP, podejście scenariuszowe i współczynnik optymizmu jako wsparcie dla nowych i ryzykownych projektów w przypadku kryteriów niezależnych***

Celem referatu jest przedstawienie nowej wersji AHP, która może być użyteczna w przypadku decyzji realizowanych jednokrotnie w warunkach niepewności i kryteriów niezależnych.

Proponowana procedura wykorzystuje m.in. podejście scenariuszowe oraz ideę reguły Hurwicza. Opracowana metoda wiąże się z koniecznością dokonania stosunkowo małej liczby porównań parami dzięki redukcji pierwotnego zbioru potencjalnych scenariuszy. Zmodyfikowany AHP może być pomocny w sytuacji, gdy wiedza decydenta o prawdopodobieństwie wystąpienia poszczególnych scenariuszy jest częściowa, a więc na przykład w przypadku projektów innowacyjnych i ryzykownych, w ramach których dane historyczne nie są znane. Istotą proponowanej metody jest dostosowanie ostatecznego rozwiązania nie tylko do preferencji i oczekiwań decydenta, ale także do jego natury, przypuszczeń i obaw.

**Anna Gorczyca-Goraj**

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

**Marek Szopa**

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

**Piotr Frąckiewicz**

Uniwersytet Pomorski w Słupsku

***Dopuszczalne rozszerzenia kwantowe, o czterech strategiach, dla gier klasycznych***

Referat prezentować będzie zagadnienia związane z grami strategicznymi, które rozszerzane są zgodnie ze schematem Eiserta-Wilkensa-Lewensteina przez dwie operacje unitarne. Omówione zostaną warunki, zgodnie z którymi para operatorów unitarnych, wraz ze strategiami klasycznymi, tworzą grę niezmienniczą pod wpływem transformacji izomorficznych wejściowej gry klasycznej. Warunki te są następnie stosowane w celu określenia tych operatorów, w wyniku czego powstaje pięć głównych klas gier spełniających kryterium izomorfizmu. Dodatkowo, omówione zostaną współzależności pomiędzy różnymi klasami rozszerzeń, a także przypadki graniczne, w których wybrana klasa przekształca się w inną."

**Dorota Górecka**

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

**Ewa Chojnacka-Pelowska**

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

***Grupowe podejmowanie decyzji wielokryterialnych w zakresie przekazywania środków publicznych: otwarte konkursy ofert dla organizacji pozarządowych w Polsce***

Organizacje pozarządowe, jako organizacje nienastawione na zysk (tzw. organizacje non-profit), finansują swoją działalność, korzystając w dużym stopniu ze źródeł publicznych. Dotyczy to w szczególności organizacji, których działalność statutowa obejmuje prowadzenie działalności pożytku publicznego w sferze zadań publicznych, gdyż zgodnie z obowiązującym w Polsce prawem organy administracji publicznej mogą zlecić realizację zadań publicznych organizacjom pozarządowym, przekazując na ten cel odpowiednie środki. Procedura wyboru organizacji, które otrzymają od władz publicznych dotację na realizację zadań publicznych obejmuje otwarte konkursy ofert, w których następuje powołanie komisji konkursowych, opiniujących złożone oferty, dzięki czemu dąży się do zapewnienia nie tylko transparentności, ale też odpowiedniej efektywności i skuteczności wykorzystania środków publicznych. Według danych GUS-u w 2021 r. 33,8% organizacji non-profit realizowało zadania na rzecz administracji rządowej i samorządowej finansowane ze środków publicznych. Blisko połowa przychodów organizacji w 2021 r. (45,6%) pochodziła ze środków publicznych, a przychody z dotacji udzielanych w trybie otwartego konkursu ofert stanowiły aż 32,7% tych przychodów (GUS, Współpraca organizacji non-profit z innymi podmiotami w 2021 r. Analizy statystyczne, s. 20).

Celem pracy jest zaproponowanie rozszerzenia procedury oceny ofert składanych w otwartych konkursach o dodatkowe kryteria dotyczące organizacji pozarządowych oraz włączenie w tę procedurę metod grupowego podejmowania decyzji wielokryterialnych.

**Paweł Hanczar**

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

**Dariusz Wawrzyniak**

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

***Optymalizacja harmonogramu odbiorów odpadów komunalnych***

Cel: Artykuł koncentruje się na optymalizacji odbiorów odpadów komunalnych. Omówiono w nim cele gospodarki odpadami oraz zasady funkcjonowania w Polsce, zgodne z ustawą o utrzymaniu czystości i porządku w gminach. Przedstawiono także różne podejścia do organizacji zbiórki odpadów. W części badawczej zaprezentowano model decyzyjny generowania harmonogramu, oparty na programowaniu całkowitoliczbowym (MIP), który ma na celu zminimalizowanie liczby zasobów wykorzystywanych przy zachowaniu wymagań dotyczących częstotliwości odbioru odpadów.

Metodyka: W artykule zaprezentowano model decyzyjny, który wykorzystuje programowanie całkowitoliczbowe (MIP) w celu zminimalizowania maksymalnej ilości odpadów różnych frakcji odbieranych w ciągu jednego dnia w horyzoncie roku

Wyniki: Przeprowadzono testy zaproponowanego modelu decyzyjnego na przykładzie gminy Długołęka. Wyniki potwierdziły zarówno poprawność modelu, jak i jego efektywność.

**Michał Jakubczyk**

Szkoła Główna Handlowa w Warszawie

**Dominik Golicki**

Warszawski Uniwersytet Medyczny

***Badanie preferencji wobec stanów zdrowia opisanych systemem EQ-5D-Y-3L u dzieci – wstępne wyniki ogólnopolskiego badania metodą wyboru dyskretnego***

Poznanie i wyrażenie za pomocą liczb preferencji społeczeństwa wobec stanów zdrowia jest istotnym elementem w procesie podejmowania decyzji dotyczących dostępności technologii medycznych. W przypadku technologii medycznych skierowanych do populacji pediatrycznych (np. szczepionki), zasadne jest wykorzystanie preferencji odnoszących się do dzieci. Tymczasem badanie preferencji w tej grupie związane jest z trudnościami natury m.in. etycznej (badanie preferencji obejmuje hipotetyczne wybory powodujące dyskomfort) czy normatywnej (np. na ile i od jakiego wieku dzieci są autonomiczne w decyzjach dotyczących zdrowia). Z tych powodów w badaniach preferencji często prosi się osoby dorosłe o udzielanie odpowiedzi w imieniu wyobrażonego (najczęściej) dziecka. Celem niniejszego badania było określenie preferencji osób dorosłych wobec stanów zdrowia opisanych systemem EQ-5D-Y-3L u dzieci. W ramach tego systemu stan zdrowia opisany jest za pomocą 5 domen (chodzenie – MO, dbanie o siebie – SC, codzienne aktywności – UA, ból/dyskomfort – PD oraz niepokój/smutek/przygnębienie – AD) i trzech poziomów dla każdej do-meny (1 oznacza brak problemów, 3 oznacza znaczne problemy). Dorośli respondenci w ramach ogólnopolskiego badania wypełniali online ankietę, w ramach której porównywali 15 par stanów zdrowia (a dodatkowo 3 pary, w których występowała dominacja) w ramach tzw. eksperymentu wyboru dyskretnego (DCE). Po uwzględnieniu kwot dotyczących płci, wieku i rejonu geograficznego a także ograniczeniu się jedynie do respondentów, którzy bezbłędnie odpowiedzieli w pytaniach DCE z dominacją, uzyskano odpowiedzi od 1002 respondentów. W obecnym badaniu raportowane są jedynie wyniki badania DCE, bez uwzględnienia równoległe prowadzonego badania metodą handlowania czasem (TTO). Analizę wykonano za pomocą warunkowego modelu logit. Ponieważ porównywane stany zdrowia nie uwzględniały czasu życia, oszacowane wartości użyteczności wyrażone są na skali latentnej. Największy wpływ na użyteczność miała domena PD. Kolejne względem ważności domeny (i ich względna wobec PD ważność) to: MO (64%), UA (60%), AD (60%), SC (42%). Ważność poziomu 2 stanowi średnio 23% ważności poziomu 3, przy czym jest największa dla UA (33% względem ważności poziomu 3 dla tej domeny), PD (30%) i AD (27%). Dalsze badania będą obejmowały testowanie modeli uwzględniających heterogeniczność respondentów oraz uwzględnienie informacji o preferencja z metody TTO.

**Małgorzata Just**

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

**Krzysztof Echaust**

Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

**Agata Kliber**

Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

### ***Powiązania między rynkami surowców energetycznych a rynkami akcji spółek z sektora energii w Europie***

Celem pracy była ocena powiązań w zakresie stóp zwrotu między ropą Brent, gazem ziemnym TTF oraz 31 największymi w Europie przedsiębiorstwami z sektora energii. Do przeprowadzenia oceny statycznych i zmiennych w czasie powiązań między rynkami surowców energetycznych i rynkami akcji w centralnej części i ogonach rozkładów stóp zwrotu zastosowano indeks przenoszenia Diebolda-Yilmaza oparty na modelach LASSO-VAR, TVP-VAR i QVAR. Analizie poddano okres od marca 2018 roku do grudnia 2023 roku, obejmujący pandemię COVID-19 oraz wojnę rosyjsko-ukraińską. Wyniki badania empirycznego wskazują, że najsilniejsze powiązania w rozpatrywanym systemie wystąpiły na początku kryzysu związanego z COVID-19. Szoki stóp zwrotu z rynku ropy naftowej były absorbowane przez analizowane rynki akcji, natomiast nie stwierdzono istotnej transmisji między rynkami gazu i akcji. Największe przedsiębiorstwa z rynków rozwiniętych oraz podsektora ropy i gazu stanowiły główne źródło szoków rynkowych w systemie w medianie, podczas gdy pozostałe przedsiębiorstwa transmitowały znacznie mniej szoków do systemu i zwiększały swój udział w powiązaniach w ekstremach. Transmisja szoków między aktywami lub rynkami może znacząco wpłynąć na kluczowe wskaźniki makroekonomiczne, włączając w to inflację, bezrobocie czy produkcję. Zatem wyniki tego badania mogą zainteresować nie tylko inwestorów, ale także decydentów.

**Dariusz Kacprzak**

Politechnika Białostocka

### ***Hybrydowa metoda wyznaczania wag obiektywnych decydentów oparta na metodzie entropii i TOPSIS***

Podjęcie decyzji jest integralną częścią ludzkiej aktywności. Rosnąca złożoność rozważanych problemów decyzyjnych sprawia, że wiele z nich jest analizowane przez grupę decydentów. Decydenci oceniają dostępne alternatywy względem ustalonych kryteriów tworząc indywidualne macierze decyzyjne. Następnie te macierze indywidualne są agregowane w macierz grupową (zbiorczą), która jest punktem wyjścia do dalszych analiz. Często wykorzystywaną techniką agregacji jest średnia arytmetyczna, która jednakowo traktuje wszystkich decydentów. Jednak każdy z decydentów ma inną wiedzę, doświadczenie, cele, postawę wobec problemu, a więc ich wpływ na macierz zbiorczą powinien być różny. Decydentów możemy „rozdzielić” przypisując im wagi, tzn. ich istotność w procesie decyzyjnym i wpływ na ostateczną decyzję.

W literaturze możemy znaleźć wiele metod wyznaczania wag obiektywnych decydentów. Niektóre z nich, oparte na metodzie TOPSIS czy entropii mogą prowadzić do nieadekwatnych wyników oraz niewłaściwych decyzji. Celem pracy jest przedstawienie tych niedoskonałości istniejących metod oraz nowej, hybrydowej metody wyznaczania wag obiektywnych decydentów opartej na metodach entropii i TOPSIS.



**Daniel Kaszyński**

Szkoła Główna Handlowa w Warszawie

### ***Stronniczość algorytmiczna w ocenie zdolności kredytowej***

Wprowadzanie przepisów równościowych związane jest z występującym w modelach oceny zdolności kredytowej problemem stronniczości algorytmicznej, tj. działaniem modelu decyzyjnego, które prowadzi do dyskryminacji lub naruszenia norm społecznych w zakresie równości ludzi; decyzję o prawnym zakresie definicji dyskryminacji podejmuje podmiot regulujący – regulator. Problem stronniczości algorytmicznej występuje wtedy, gdy wyniki działania modelu decyzyjnego prowadzą do szkodliwych konsekwencji dla niektórych osób lub grupy społecznej (tzw. grupa nieuprzywilejowana) bez uzasadnionego powodu takiej nierówności.

Modele oceny zdolności kredytowej są wykorzystywane do automatyzacji procesu podejmowania decyzji kredytowych związanych z aplikacjami kredytowymi konsumentów. Z racji na oddziaływanie tych modeli na sytuację życiową osób fizycznych (np. sytuację finansową, mieszkaniową) oraz możliwe występowanie dyskryminacyjnego działania, modele oceny zdolności kredytowej są narażone na zagadnienie stronniczości algorytmicznej.

Definicja stronniczości algorytmicznej odnosi się do negatywnych konsekwencji działania modeli decyzyjnych na ludzi; literatura przedmiotu wskazuje na liczne sposoby pomiaru występowania problemu stronniczości algorytmicznej, tzw. miar stronniczości algorytmicznej. Decyzja związana z wyborem miary wykorzystywanej do monitorowania problemu stronniczości algorytmicznej wiązać się będzie z konsekwencjami dla: 1) kształtu projektowanej regulacji prawnej, np. wybór definicji dyskryminacji bezpośredniej lub dyskryminacji pośredniej (definicje te są zdefiniowane dalej w tekście), 2) rachunku ekonomicznego osiąganego przez bank w ramach realizowanego procesu kredytowego, oraz 3) kosztów społecznych wynikających ze zmiany rozkładu przyznawanych kredytów, tj. przed i po wprowadzeniu regulacji. Decyzja dotycząca projektowania regulacji równościowych dotyczy perspektywy regulatora rynku kredytów konsumenckich.

W ramach referatu poruszony zostanie problem opracowania metod wspomagania decyzji regulatorów w zakresie tworzenia, oraz banków w zakresie wdrażania przepisów równościowych w obszarze modeli oceny zdolności kredytowej konsumentów.

**Adam Kucharski**

Uniwersytet Łódzki

### ***Wpływ czynników makro na osiągnięcie pozycji lidera efektywności wdrażania elektromobilności***

Komisja Europejska wielokrotnie wskazywała na istotny udział emisji pochodzących z sektora transportu w ogólnej emisji gazów cieplarnianych. Istotną częścią planów mających uczynić UE neutralną klimatycznie jest odejście od pojazdów z silnikami na konwencjonalne paliwo – szczególnie samochodów osobowych. Zastąpić je miałyby auta elektryczne. Państwa członkowskie Unii w różnym stopniu zaangażowały się w proces wymiany taboru spalinowego na elektryczny. Osiągnęły też na tym polu różne efekty.

Powstaje więc pytanie, jak poradziły sobie poszczególne kraje z wdrażaniem elektromobilności rozumianym jako wymiana starych, spalinowych pojazdów na nowe – elektryczne. Chcemy wskazać liderów tego typu działań a następnie zbadać, które czynniki i w jakim stopniu decydują o znalezieniu się wśród wspomnianych liderów. W tym celu wykonane zostało badanie, które składa się z dwóch etapów. W pierwszym, przy pomocy metody DEA, wyłoniono liderów efektywności wdrażania

elektromobilności. Następnie, wyniki z pierwszego etapu posłużyły do oszacowania parametrów panelowego modelu probitowego. Wybrano zmienne opisujące sytuację ekonomiczną, społeczną oraz stan środowiska danego kraju. Wyniki estymacji wskazały zmienne o istotnym wpływie a odpowiadające im parametry określiły, w jakim stopniu wpływają one na to, że kraj może dołączyć do grona liderów.

**Konrad Kułakowski**

Akademia Górniczo-Hutnicza

**Michał Strada**

Akademia Górniczo-Hutnicza

**Sebastian Ernst**

Akademia Górniczo-Hutnicza

**Jacek Szybowski**

Akademia Górniczo-Hutnicza

### ***Wykrywanie manipulacji w metodzie porównań parami***

Większość modeli decyzyjnych, w tym metoda porównywania parami, zakłada uczciwość decydenta. Łatwo jednak wyobrazić sobie sytuację, w której decydent próbuje manipulować wynikami rankingu odpowiednio modyfikując swoje osądy. Niniejszy artykuł przedstawia trzy proste strategie manipulacji osądami w procesie podejmowania decyzji wykorzystującym metodę porównywania parami. W pracy podejmujemy próbę wykrycia dokonanych manipulacji za pomocą odpowiednio skonstruowanych i nauczonych sieci neuronowych. Badania eksperymentalne dowodzą skuteczności proponowanego podejścia wykazując znaczny poziom wykrywania manipulacji.

**Aleksandra Łuczak**

Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

**Sławomir Kalinowski,**

Instytut Rozwoju Wsi i Rolnictwa PAN

### ***Wielowymiarowa analiza ubóstwa energetycznego mieszkańców jednostek terytorialnych***

Proponowane podejście do wielowymiarowej analizy ubóstwa energetycznego mieszkańców jednostek terytorialnych przeprowadzono w dwóch etapach obejmujących ocenę poziomu ubóstwa energetycznego oraz identyfikację jego najważniejszych determinant. W pierwszym etapie dokonano oceny poziomu ubóstwa energetycznego z wykorzystaniem rozmytej intuicjonistycznej metody TOPSIS, która umożliwia syntetyczną ocenę zjawiska opisywanego przez wiele cech. Natomiast do identyfikacji najważniejszych determinant ubóstwa energetycznego zastosowano wielomianowy model logitowy kategorii uporządkowanych. Model ten zastosowano w odniesieniu do kategorii uporządkowanych wyodrębnionych typów *poziomu* ubóstwa energetycznego w połączeniu z systemem wskaźników społeczno-ekonomicznych. Zastosowany model pozwala określić siłę i kierunek wpływu poszczególnych czynników społeczno-ekonomicznych na poziom ubóstwa energetycznego. Celem głównym badań było oszacowanie skali ubóstwa energetycznego w województwie mazowieckim oraz identyfikacja jego głównych determinant. W badaniu wykorzystano dane pierwotne zebrane wśród 2000 gospodarstw domowych w województwie mazowieckim w 2023 roku.

**Anna Łyczkowska-Hanćkowiak**  
Uniwersytet WSB Merito w Poznaniu

**Aleksandra Wójcicka-Wójtowicz**  
Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

### ***Zastosowanie zorientowanych liczb rozmytych w modelowaniu retencji studentów***

We wszystkich uczelniach, zarówno publicznych jak i prywatnych, jednym z ważniejszych problemów jest poziom retencji studentów. W dużej mierze zależy on od procesu nauczania i uczenia się. Na ostateczny wynik (pozostanie na uczelni/ukończenie studiów) wpływa wiele czynników. Niektóre z nich należą do czynników ilościowych (np. oceny), inne do jakościowych (np. wcześniej nabyta wiedza, poziom wykształcenia, umiejętność uczenia się itp.). Z tego powodu metody stosowane w analizie zjawiska retencji studentów powinny uwzględniać czynniki zaklasyfikowane jako ""miękkie"" (jakościowe).

Artykuł przedstawia badanie retencji studentów oraz wstępne wyniki uzyskane na podstawie ankiet przeprowadzonych wśród studentów pierwszego roku. Odpowiedzi na pytania umieszczone w ankiecie zawierały elementy rozmyte i uwzględniały indywidualne odczucia oraz doświadczenia respondentów. W analizie przeprowadzonej na podstawie uzyskanych odpowiedzi wykorzystane zostały trapezowe zorientowane liczby rozmyte.

**Jerzy Michnik**  
Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

**Peyman Zandi**  
Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

### ***Propozycja modelu oceny ryzyka operacyjnego na podstawie zrównoważonego rozwoju i efektu domina z wykorzystaniem rozmytej entropii i rozmytej metody WINGS***

W branży przetwórstwa chemicznego ocena ryzyka jest bardzo ważna. Dotychczas stosowano różne techniki ilościowe i jakościowe oraz różne czynniki (od najprostszych dwóch kryteriów prawdopodobieństwa i konsekwencji, po wiele kryteriów) aż do rozbudowanej analizy ryzyka. Przegląd literatury pokazuje, że większość badań prowadzonych w zakresie zarządzania ryzykiem zrównoważonego rozwoju była ograniczona do identyfikacji i zarządzania ryzykami związanymi ze zrównoważonym rozwojem, a badanie wpływu ryzyka na różne wymiary zrównoważonego rozwoju nie było odpowiednio uwzględniane. W tym artykule przedstawiono nowe hybrydowe podejście do oceny ryzyka w oparciu o wymiary zrównoważonego rozwoju oraz wpływ ryzyka (efekt domina). W proponowanym modelu wagi kryteriów zrównoważonego rozwoju będą obliczane za pomocą rozmytej entropii Shannona, a następnie przeprowadzona zostanie rozmyta ocena ryzyka w celu określenia siły każdego ryzyka. Następnie wpływ każdego ryzyka na inne ryzyka zostanie zbadany za pomocą techniki rozmytej metody WINGS. W końcu, na podstawie maczy siły i wpływu w metodzie WINGS, ryzyka będą priorytetyzowane, a działania zapobiegawcze będą planowane. Proponowany model został użyty do oceny ryzyk operacyjnych w rafinerii gazu. Wyniki pokazują, że ocena ryzyka z wykorzystaniem wymiarów zrównoważonego rozwoju może pokazać całkowity wpływ każdego ryzyka, a badanie relacji między komponentami systemu może również zmniejszyć efekt domina ryzyka.

**Piotr Miszczyński**  
Uniwersytet Łódzki

### ***Wspomaganie decyzji w sektorze bankowym w kontekście ESG***

Termin ESG jest związany z jednym z kluczowych wyzwań dla sektora bankowego w kontekście nowych regulacji Unii Europejskiej i idących za nimi regulacji krajowych. Regulacje te narzucają na duże, a w niedalekiej przyszłości także średnie przedsiębiorstwa obowiązek sprawozdawczy w zakresie zrównoważonego rozwoju. Akronim ESG wywodzi się od trzech terminów określających zjawiska: środowiskowe (ang. Environmental), społeczne (ang. Social) oraz ład korporacyjny (ang. Governance). Ocena działalności w tych obszarach, zwana także niefinansową, staje się wymogiem sprawozdawczym na równi z raportowaniem finansowym, do tej pory dominującym.

Wspomniane regulacje dotyczą sektora bankowego w bardzo wielu aspektach. Duże przedsiębiorstwa, w tym banki, będą podlegały obowiązkowi raportowemu, do którego muszą się odpowiednio przygotować. Ponadto, będą zobowiązane m.in. uwzględnić zasady ESG narzucane przez nadzór bankowy. Dotyczyć to będzie także ich głównej działalności, czyli analizy przy udzielaniu finansowania i różnego rodzaju inwestycjach.

Regulacje te skutkują także otwarciem się nowego pola badań i analiz zrównoważonego rozwoju komercyjnego sektora gospodarki. Wiele, dotąd trudno dostępnych, elementów zrównoważonego rozwoju będzie skwantyfikowanych. W wystąpieniu zostanie przedstawiona próba podsumowania różnych aspektów działalności banków w świetle nowych regulacji europejskich dot. ESG, które mają i będą miały wpływ na sektor bankowy w najbliższych latach. Ponadto zostaną zaprezentowane potencjalne kierunki badań i możliwości zastosowania badań operacyjnych związanych z pomiarem i wykorzystaniem wskaźników ESG w bankowości.

**Witold Orzeszko**

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

**Grzegorz Dudek**

Politechnika Częstochowska

**Piotr Fiszeder**

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

**Radosław Pietrzyk**

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

### ***Identyfikacja determinantów zmienności bitcoina przy wykorzystaniu modeli statystycznych oraz uczenia maszynowego***

Od momentu wprowadzenia bitcoina w 2009 roku, rozwój kryptowalut jest imponujący. Kryptowaluty stały się jedną z największych innowacji finansowych a ich rynek obecnie ma wartość ponad 2 bln USD. Z tego względu kryptowaluty przyciągają bardzo dużą uwagę inwestorów, organów regulacyjnych, środowiska naukowego i mediów. Jednym z największych wyzwań związanych z inwestowaniem na rynku kryptowalut jest wysokie ryzyko, powiązane m.in. z bardzo dużą zmiennością ich notowań. W artykule Dudek, Fiszeder, Kobus, Orzeszko (Forecasting cryptocurrencies volatility using statistical and machine learning methods: A comparative study, Applied Soft Computing, 2024, 151, 111132) dokonano szerokiej analizy porównawczej metod prognozowania zmienności kryptowalut, w których – w charakterze regresorów – wykorzystane zostały informacje o zmienności z wcześniejszych

okresów. Niniejsze badanie idzie o krok dalej i ma na celu określenie, czy istnieją zmienne egzogeniczne, które mogą poprawić trafność prognoz. W badaniu uwzględniono 33 potencjalne czynniki, które można podzielić na trzy główne grupy, dotyczące: (1) rynku bitcoina, (2) innych rynków finansowych, (3) niepewności rynków i polityki gospodarczej. W badaniu wykorzystano zarówno metody statystyczne, jak i algorytmy uczenia maszynowego, tj. model HAR, BMA (Bayesian model averaging), LASSO i lasy losowe. Analizowane metody porównano pod względem mocy prognostycznej a także wskazano zmienne zidentyfikowane przez poszczególne metody jako główne determinanty zmienności bitcoina. Dodatkowo w badaniu podjęto próbę określenia wpływu filtrowania danych na trafność wyznaczanych prognoz.

**Piotr Peternek**

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

**Izabela Dziaduch**

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

***Ocena ważności kryteriów oceniających jakość usług publicznego transportu zbiorowego z wykorzystaniem rozmytej metody AHP***

Hierarchia ważności cech jakości, która wskazuje, które cechy są dla mieszkańców najważniejsze, a które nie mają większego znaczenia przy wyborze publicznego transportu zbiorowego, może być ustalana różnymi metodami. Narzędziem pomiarowym, który zastosowano w tym badaniu był kwestionariusz ankietowy a samo badanie przeprowadzono na próbie 500 osób, będących mieszkańcami miasta i korzystającymi z usług komunikacji autobusowej lub tramwajowej. W przeprowadzonym badaniu preferencje i satysfakcję pasażerów zbadano na podstawie czternastu wybranych właściwości jakości usług przewozowych, zwanych cechami jakości. Do oceny ważności analizowanych cech jakości wykorzystano rozmytą metodę AHP ze względu na bardzo duże zróżnicowanie preferencji ankietowanych.

**Ewa Roszkowska**

Politechnika Białostocka

**Dorota Górecka**

Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu

***Wykorzystanie metod wielokryterialnych opartych na punktach referencyjnych do oceny stopnia realizacji celów zrównoważonego rozwoju przez kraje Unii Europejskiej***

W pracy zaproponowano kompleksowe podejście do analiz społeczno-ekonomicznych, wykorzystujące metody wielokryterialne oparte na punktach referencyjnych i uwzględniające złożoność oraz różnorodność przestrzenną Unii Europejskiej (UE). Motywacją przeprowadzonego badania było monitorowanie postępów w realizacji Celów Zrównoważonego Rozwoju (SDGs) w różnych obszarach, przy jednoczesnym uwzględnieniu celów określonych w Agendzie 2030. Agenda 2030 jest dokumentem przyjętym przez państwa członkowskie Organizacji Narodów Zjednoczonych, skupiającym się na realizacji 17 celów i 169 zadań, zintegrowanych w wymiarach ekonomicznym, społecznym i środowiskowym. Zastosowana metodologia opiera się na dwóch zmodyfikowanych technikach wielokryterialnych, TOPSIS i BIPOLAR, które wykorzystują punkty referencyjne do oceny i porządkowania obiektów. W przypadku metody TOPSIS obiekty są porządkowane bezpośrednio ze względu na odległości od punktów idealnych i anty-idealnych, natomiast w metodzie BIPOLAR są

porównywane pośrednio z wykorzystaniem dwóch zestawów obiektów referencyjnych: pożądaných („dobrych”) i niepożądanych („złych”). Zaproponowane podejście wykorzystano do oceny zróżnicowania przestrzennego krajów UE pod względem realizacji SDG 11: Zrównoważone Miasta i Społeczności. Analiza została przeprowadzona dla lat 2015 i 2019 z wykorzystaniem ośmiu wskaźników zrównoważonego rozwoju UE. Wyniki zaprezentowano w formie rankingów oraz przedstawiono na mapach w celu identyfikacji podobnych regionów w UE. Zrealizowane badanie wskazuje na zróżnicowanie stopnia realizacji SDG 11 wśród krajów UE, przy czym kraje północne osiągają znacznie lepsze rezultaty niż południowe.

Słowa kluczowe: analiza przestrzenna, metody wielokryterialne, TOPSIS, zmodyfikowana metoda BIPOLAR, zrównoważone miasta i społeczności

Niniejsze badania zostały sfinansowane z projektu naukowego Politechniki Białostockiej (WZ/WI-IIT/2/2022) oraz przez Uniwersytet Mikołaja Kopernika w Toruniu.

**Michał Stasiak**

Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

***Zastosowanie modeli stanowych reprezentacji binarno-czasowej do budowy systemów handlu algorytmicznego dla rynku kryptowalut***

W referacie przedstawione zostaną rezultaty analizy efektywności finansowej systemów handlu algorytmicznego opartych o cztery modele stanowe reprezentacji binarno-czasowej dla rynku kryptowaluty Bitcoin. W procesie analizy przeprowadzony został szczegółowy proces optymalizacji parametrów wybranych modeli stanowych: binarno-czasowego modelu stanowego, binarno-czasowego modelu stanowego z analizą średnich ruchomych oraz binarno-czasowego modelu stanowego z analizą trendu. W efekcie analiz zostaną wybrane parametry oraz rodzaj modelu pozwalający na osiągnięcie maksymalnej efektywności finansowej na rynku kryptowalut. Badania zostały przeprowadzone na danych historycznych kursu BTC/USD z wykorzystaniem dedykowanego oprogramowania stworzonego w tym celu w językach C++ oraz Mql4.

**Marek Szopa**

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach

**Anna Gorczyca-Goraj**

Uniwersytet Ekonomiczny w Katowicach,

**Piotr Frąckiewicz**

Uniwersytet Pomorski w Słupsku

***Wykorzystanie gier kwantowych do optymalizacji decyzji strategicznych***

Od początku obecnego wieku dynamicznie rozwijają się badania mające na celu rozszerzenie klasycznej teorii gier do dziedziny kwantowej. Ich celem jest potencjalna możliwość implementacji gier kwantowych na komputerze kwantowym dla uzyskania nowych narzędzi rozwiązywania problemów strategicznych. Niniejsza praca koncentruje się na rozszerzeniu klasycznych gier do dziedziny kwantowej według schematu Eiserta-Wilkensa-Lewensteina wzbogaconego o wymóg niezmienniczości rozszerzeń względem izomorficznych transformacji gry klasycznej. W pracy podajemy przykłady rozwiązań gier takich jak dylemat więźnia, walka płci czy gra w cykora, analizujemy ich

rozszerzenia kwantowe i pokazujemy, że są one bliższe rozwiązaniom optymalnym w sensie Pareto niż ich odpowiedniki klasyczne.

### **Przemysław Szufel**

Szkoła Główna Handlowa Warszawie

#### ***Optymalizacja przydziału zadań oraz tras serwisantów w modelu usług ekonomii współdzielenia***

Model ekonomii współdzielenia (ang. sharing economy) zakłada dostarczanie usług przez niezależnie działające podmioty - mikroprzedsiębiorstwa. W niniejszej prezentacji zostanie przedstawiona perspektywa operatora takich usług. Rolą operatora jest skontaktowanie klientów z serwisantami - na rynku amerykańskim taką rolę pełnią m.in. firmy TaskRabbit oraz Handy. W modelu zakłada się, że celem operatora jest maksymalizacja zysku z jego działalności operacyjnej przy jednoczesnym zapewnieniu wysokiej jakości i dostępności usług.

W ramach prezentacji zostanie przedstawiony model optymalizacyjny, który minimalizuje koszty związane z trasowaniem oraz realizacją zadań przez niezależnych techników. Zostanie również omówione rozszerzenie modelu uwzględniające dynamiczne mechanizmy cenowe pozwalające operatorowi na włączenie elastyczności popytu i podaży usług do jego decyzji cenowych. Dla rozważanego problemu sformułowano model programowania matematycznego w postaci zadania optymalizacji w liczbach całkowitych (ang. mixed integer linear programming - MILP). Eksperymenty numeryczne wykazały, że nawet przy zastosowaniu najlepszych narzędzi klasy solver (Gurobi) w połączeniu z technikami tzw. leniwej konstrukcji warunków ograniczających (ang. lazy constraints), czas potrzebny na znalezienie rozwiązania rośnie wykładniczo w stosunku do rozmiaru rozważanego modelu.

Dlatego, zaproponowano iteracyjną heurystykę opartą o podejście dekompozycji modelu. W opracowanej heurystyce stosuje się naprzemiennie dwa modele. Najpierw szacuje się przybliżone koszty trasowania co pozwala na wyznaczenie wstępnego przydziału zadań. W ramach drugiego modelu wyznacza się optymalne trasy serwisantów dla ustalonego wstępnego przydziału zadań, co z kolei pozwala na lepszą estymację kosztów trasowania. Eksperymenty numeryczne wskazały na dużą skuteczność skonstruowanej heurystyki w planowaniu tras serwisantów w modelach o większej skali.

Współautorem badań jest prof. Maciek Nowak z St. John's University, New York, USA. Badania zostały sfinansowane przez Narodowe Centrum Nauki, grant nr 2021/41/B/HS4/03349

### **Grzegorz Tarczyński**

Uniwersytet Ekonomiczny we Wrocławiu

#### ***Propozycja modelu optymalizującego lokalizację skorelowanych towarów w magazynie z uwzględnieniem składowania rozproszonego***

Wraz z gwałtownym rozwojem handlu internetowego zwiększyła się presja na dostawców towaru na szybką i niezawodną realizację zamówień. W badaniach naukowych zwraca się uwagę, że w przypadku magazynów z tradycyjną komplectacją towarów typu "człowiek do towaru" stosowane do tej pory rozwiązania tracą na znaczeniu na rzecz rozproszonego składowania towarów, zgodnie z którym wyroby z tym samym indeksem mogą być składowane w kilku nieprzylegających do siebie lokalizacjach magazynowych. Wdrożenie składowania rozproszonego generuje nowe problemy optymalizacyjne, w tym dwa podstawowe: jak wyznaczać lokalizacje dla towarów i które lokalizacje wybierać, aby trasa magazyniera była jak najkrótsza.

W prezentacji przedstawiony zostanie znany z literatury model programowania liniowego pozwalający na wyznaczenie wielu lokalizacji dla towaru oparty na koncepcji częstości współwystępowania (korelacji) par indeksów towarów na zamówieniach. Autor przedstawi własną modyfikację omawianej koncepcji. Na przykładzie liczbowym zaprezentowane zostaną zalety i potencjalne wady propozycji.

**Kacper Zielak**

Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu

***Zrównoważony rozwój w Polsce w ujęciu ilościowym – stan na 2022 rok***

Celem badania było przeprowadzenie analizy przestrzennej zrównoważonego rozwoju w Polsce ze względu na cztery płaszczyzny: społeczną, gospodarczą, środowiskową i instytucjonalno-polityczną. Badanie opierało się na danych z 2022 roku, obejmujących poszczególne województwa, na podstawie których wyodrębniono dwadzieścia zmiennych opisujących wyżej wymienione płaszczyzny zrównoważonego rozwoju, które w zaprezentowanym ujęciu nazywane są często „ładami”. Wykorzystując metody wielowymiarowej analizy porównawczej, dla każdego województwa obliczono wartości miernika wzorcowego Hellwiga oraz TOPSIS. Na ich podstawie stworzono rankingi województw, które następnie zwizualizowano za pomocą kartogramów zaprojektowanych w języku programowania R. Za pomocą macierzy odległości euklidesowych przeprowadzono także analizę podobieństwa obiektów względem siebie. Nadanie analizie szerszego kontekstu, wykraczającego poza aspekty ekonomiczno-społeczne, pozwala na odrzucenie często przytaczanego podziału Polski na „lepszy blok zachodni” oraz „gorszy blok wschodni”. W badaniu wykorzystano literaturę omawiającą kształtowanie się na przestrzeni lat idei zrównoważonego rozwoju oraz sposoby jego kwantyfikowania, a także literaturę opisującą zastosowaną metodykę badawczą.